KOSMOS

GAMTOS IR ŠALIMŲ MOKSLŲ ILUSTRUOTAS MĖNRAŠTIS SU POPULARIU SKYRIUM

Gamtos Draugas

XII metai, 4—6 Nr.
1931 m. Balandžio — Birželio mėn.

Pavestas

Vytauto Didžiojo Universiteto Rektoriaus
PROF. VINCO ČEPINSKIO
60 m. amžiaus sukaktuvėms paminėt

1-oji dalis

(Su jubilato atvaizdu)

Dalyvauja:

Biržiška Viktoras, Dambrauskas-Jakštas Aleksandras, Dovydaitis Pranas, Juška Antanas, Katilius Petras, Kodatis Bernardas, Kolupaila Steponas, Končius Ignas, Matulis Juozas, Morkūnas Venantas, Olšauskas Steponas, Puodžiukynas Antanas, Purėnas Antanas, Slavėnas Paulius, Sleževičius Kazys, Šulcas Tadas, Žemaitis Zigmas.

Kaunas : 1931 m.

Turinys

Kosmos 81—232 pusl.

BENDRADARBIŲ IR SKAITYTOJŲ ŽINIAI!

Prof. Čepinskio 60 metų sukaktuvėms paminėti eina dar ir kitas artimiausias „Kosmo" antrojo pusmečio sąsiuvinis su platesne jubilato biografija ir didumoj su b i o l o g ų straipsniais. Čion taip pat bus sudėti ir tų matematikų, fizikų bei chemikų straipsniai, kurie nesuskubo patekt į šią pirmąją dalį, kurią skubėjome išleist jubilato sukaktuvių dienai (1931. V. 3).

Laiku atsiuntusių, bet likusių neįdėtų straipsnių autorius atsiprašome, o visus kitus, norinčius taip pat prie kalbamų sukaktuvių prisidėt, prašome savo darbus atsiųst ne vėliau kaip iki Birželio mėn. 1 dienos.

„Kosmo" Redakcija

„Gamtos Draugo" Balandžio ir kitų mėnesių sąsiuviniai išeis su „Kosmo" antrojo pusmečio sąsiuviniais. Pirmojo pusmečio prenumeratoriams šis „Kosmo" sąsiuvinis yra paskutinis.

Redaktorius ir leidėjas Profesorius **Pr. Dovydaitis.**
Kaunas, Ukmergės plentas 38 B. Telef. 14—04.

Apie tamsias kosmines mases.

Doc. B. Kodatis, Kaunas.

Vartant pokarinę astronomijos literaturą, naudojantis geromis apžvalgomis ir sulyginus kalbamąją literaturą su prieškarine, esminis skirtumas stringa akysna. Pieškarinėje literaturoje tiktai retai buvo ventiluojami kosmogoniniai klausimai. Toks dalykas buvo retas išėmimas, kuris astronomų tarpe nerasdavo pritarimo. Apie kosmogoniją paklaustas astronomas atsiliepdavo, kad mūsų turimų žinių toli gražu neužtenka atsiliepti į tos rūšies klausimus, ir kad tuo tarpu nėsą nė jokios vilties, kad keliais būsimais šimtais metų mūsų žinių turtas galėtų tiek padidėti, kad atsakymai būtų rimtai pagrįsti.

O dabar dalykas virto kitoks. Garsūs, ir net vadovaujantieji astronomai pašvenčia laiko ir darbo tokiems klausimams atsakyti, ir tai pasitaiko neretai.

Pirmas visai naturaliai dygstąs klausimas yra tas, ar maždaug per 20 metų astronomija yra tiek žengusi priekyn, kad nūnai galima būtų rimtai svarstyti kosmogoninius klausimus? Aiškus dalykas, kad tokios pažangos negali būti. Tiesa, pažanga yra didelė, ypačiai astrofizikoje ir stelarinėje astronomijoje. Bet vis dėlto nėra. ir negali būti tokios pažangos, kad užtektų žinių atsiliepti į plačius kosmogoninius klausimus. Jau patys atsiliepimai tai parodo.

Iš tikrųjų! Atsiliepimai yra kartais gerokai keisti. Ar ne keistas atsakymas, kad, girdi, žmogus esąs gamtos apsirikimas? kad visetas (universum) esąs mintijimas kad mes būsią priversti pripažinti kūrybos aktą? Tokius atsakymus teikia ne bile kurie mėgėjai, o įžymios plunksnos Tokie atsiliepimai, rodos, aiškiai parodo, kad mūsų turimų žinių neužtenka sakomiems klausimams gvildenti, ir kad dėl šito trūkumo gvildeną astronomai patenka ant klystkelio.

Betgi kitu žvilgsniu juk turi būti rimta priežastis, kurios dėliai net garsūs astronomai griebiasi plunksnos tokiems klausimams ventiluoti. Ir kalbamoji priežastis, rodos, ne taip jau sunku surasti.

Juk mes visi — noromis nenoromis — turime pripažinti, kad didysis karas visai sudaužė tiek mūsų filosofinį, tiek religinį įsitikinimą. Tam prieštarauti gali tiktai žmogus, kuris pats nebuvo didžiojo karo aktivas kareivis. Kuris pats dalyvavo, tas žino, kad kareivių pastovi tema buvo, jog mūsų religiniai ir filosofiniai įsitikinimai daro absolutų bankrotą. Kitaip pareiškus, didysis karas visiškai sugriovė tą šventyklą, kurioje visi radome prieglaudos. Toje šventykloje buvo daug įvairių koplyčių, bet jas visas dengė vienas, dangų siekiantis, taip sakant, gotiškas bokštas. Šių puikių rūmų beliko tiktai smulkiai sudaužytų griūvėsių chaosas.

Dėlto dairomasi, kaip pastačius naują, betgi pastovesnę ir ypačiai turinčią pozitivaus poveikio šventyklą. Betgi dabar toks pastatymas yra daug sunkesnis, negu pirm keleto šimtų, arba tūkstančių, metų. Paskutinių 200 iki 300 metų ekzaktinių mokslų pažanga nepaliko be vaisių. Dargi kulturoje mažiau arba daugiau atsilikusiuose kraštuose sakomi mokslai rėžė gilią vagą net tolimo kaimo gyventojų prote. Net tokiame prote gyvai atbudo priežastingumo teisė.

Visai suprantama, kad visų pirma beldžia į astronomijos duris: ,,duokite medžiagos naujai pasiulėžiūrai, naujai šventyklai pastatyti". Šioje vietoje gal bus leista atpasakoti įvykį, kuris pasitaikė 1930 metų vasarą Berline, populariame astronomijos pranešime. Pranešėjui pabaigus, kaž koks inteligentingas darbininkas, paprašęs žodžio, prabilo: ,,Per daug šimtų metų mes, darbo žmonės, liedami prakaitą, jums, astronomams, suteikėme galimumo observatorijas pastatyti, instrumentus įsigyti, ramiai dirbti be kasdienios rūpesties, — bet nūnai reikalaujame: duokite apyskaitą! sakykite mums: iš kur — kame — kurlink! Senas pasaulis sugriuvo, duokite medžiagos naujam, geresniam sudaryti!" Šimtų žmonių triukšmingas rankų plojimas pareiškė, kaip tinkamai darbininkas buvo pareiškęs šių dienų troškulį.

Išdėstytas dalykas, esanti, rodos, priežastis, dėl kurios net garsios plunksnos griebiasi kosmogoninius klausimus gvildenti. Klysta manantis būsią pas mums kitaip. Ausylas žmogus girdi, kad ir pas mums kalbamas mintijimas jau yra atbudęs. O kame jis dar yra prisnūdęs, tenai turėtume pabudinti jį, nes šiaip vėl atsiliksime užu kitų. Pažiūrėkime tiktai į literaturą! Ten, po karo, pirmų plunksnų rimtai parašyti popularūs astro nomijos veikalai dygsta, kaip grybai po lietaus. Jie visi stengiasi plačiai visuomenei suteikti apyskaitą, suteikti medžiagos naujos pasaulėžiūros statybai — ir visi yra tiesiog išgraibstomi Eikite ten, kame susirinkę kad ir tiktai keletas darbininkų. Bile tiktai sužino, kad esi astronomas, tuojau pilte pasipila mintys: sena pasaulėžiūra padariusi visišką bankrotą, privedusi prie brolių žudymo, prie kraujo ežerų; reikia sutverti nauja, geresnė, kuri vykintų tą, ko senoji nepajėgė vykinti. Jūs, astronomai, duokite medžiagos!

Taip! Žmonija ieško ko nauja, ko tinkamesnio — ir pirmiausiai beldžia į astronomijos duris.

Dėliai to, šiame straipsnyje, lai bus leista paliesti vieną klausimą, kuris artimiau yra susijęs su kosmogonijos klausimais. Straipsny bus kalbama apie tamsias erdvėje mases. Nes tai pagrindinis klausimas, ar šviečiančios masės galėjo atsirasti iš tamsių masių, ir ar dabartimi šviečiančios masės gali pavirsti tamsiomis. Pirmas, naivus žvilgsnis tuojau teigia šį klausimą. Bet mūsų dienų susekti daviniai parodo, kad Kosmui naiviu būdu negalima pritaikinti daviniai, kuriuos susekėme savo laboratorijose, kadangi Kosme susiduriame su žymiai kitokiomis sąlygomis, negu jos yra mūsų laboratorijose. Dėlto reikia žiūrėti, ar pačiame Kosme yra davinių, kurie sako, kad dabar šviečiančios masės galėjo atsirasti iš tamsiųjų, ir vėl virsta tamsiomis.

Erdvę paskirstome į dvi dali. Vienoje dalyje randasi mūsų Paukščių Kelio sistema, gal būt, ir dar žvaigždžių rutulinių krūvų sistema. Likusioje dalyje randasi kiti objektai. Pirmą dalį vadiname ,,intergalaktine erdve", antrą ,,ekstragalaktine erdve".

Intergalaktinėje erdvėje tikrai yra tamsių masių, nors ligšiol dar nepasisekė konstatuoti nei šviesos bendros absorpcijos, nei selektinės absorpcijos, nei šviesos išbarstymo (Lichtstreung, éparpillement de lumière). Ligšiol yra konstatuota tiktai šešėlio efektas (Beschattungseffekt, effet d'ombragement) ir apšvietimas. Vadinasi, tuo tarpu sučiumpame tiktai tankias tamsias mases, tamsių masių debesius. O kitos rūšies daviniai be abe-

jojimo rodo, kad, be šių debesių, intergalaktinėje erdvėje turi egzistuoti dar kitos tamsios masės[1]. Vėliau man kilo abejojimas, ar antros rūšies tamsios masės negalėtų būti tos pačios, kaip pirmos rūšies. Vadinasi, kad iš labai toli žiūrint galėtų pasirodyti, kad mūsų saulė, gal su kai kuriomis jai artimomis žvaigždėmis, randasi tamsių masų debesyje. Imkime, kaip, Sietyno žvaigždės. Bet šiam klausimui nagrinėti dar neturime davinių.

Apgalvojimas sako, kad turi būti dar trečios rūšies tamsių masų, jeigu yra patenkintos tam tikros, regis, įtikimos sąlygos. Pradėkime nuo sulyginimo: Imkime, kad yra didelis skaičius beveik vienodų, gerai definuotų individų, kad pavienio individo egzistavimo laikas esąs labai trumpas, sulyginus jį su rūšies egzistavimo laiku. Tomis priemisomis einant, turi būti daugiau pranykusių individų, negu šiuo momentu gyvenančiųjų. Taisyklei ilustruoti imkime žmones. Žmogus yra gerai definuotas individas. Jų yra didelis skaičius, rodos, arti dviejų miliardų. Visi jau pranykusieji ir dabartimi gyvenantieji žmonės sudaro rūšį. Sulyginus su vieno žmogaus egzistavimo laiku, rūšies egzistavimo laikas yra labai ilgas Dėlto turi būti daugiau pranykusių žmonių, negu šiuo momentu gyvenančių. Taip, iš tikrųjų, yra, nors taisyklei pavyzdys yra net nepavirkus, kadangi šiuo momentu pasaulyje gyvena daugiau žmonių negu lygiai prieš, sakysime, milijoną metų.

Mėginkime pritaikinti taisyklę savo žvaigždžių sistemai, vad. Paukščių Kelio sistemai. Šiandien esame priversti sutikti, kad žvaigždė yra individas — toks individas ir gerai definuotas — individai, vad., žvaigždės, yra labai vienodi, net sakoma: nuostabiai vienodi — jų yra didelis skaičius — jie iš tikro sudaro rūšį — ir vienos žvaigždės egzistavimo laikas yra labai trumpas, sulyginus su žvaigždžių sistemos egzistavimo laiku. Regis, taisyklės visos premisos yra patenkintos. Dėlto turi būti daugiau jau pranykusių žvaigždžių, kaip dabartimi esamųjų, — kitaip sakant: turi būti daugiau jau užgesusių žvaigždžių, negu dabartimi šviečiančiųjų. O ką sako stebėjimai? Sako, kad nėra jokių davinių, kurie patvirtintų išvados tikslumą. Tai, iš tikrųjų, yra nepaprastai nuostabu! Juk niekas nedrįs sakyti, kad žvaigždė nesanti individas, niekas neabejos, kad sistemos amžius yra, nelyginant, daug ilgesnis, negu vienos žvaigždės amžius. O tačiau stebėjimai nepatvirtina išvadą. Regis, tam tikrose ribose yra galima įtikimai pra-

vardas	radijus, pareikštas Saulės radijum
α Aurigae A	12 Saulės radijų
α Bootis	30 „ „
α Tauri	60 „ „
β Pegasi	170 „ „
α Orionis	290 „ „
α Scorpii A	480 „ „

[1] Apie šios rūšies davinius buvo kalbėta 1920 metų Gegužės mėn. „Kosme“. Žiūrėk ir Sv. Arhenius, Das Werden der Welten, 1921; H. v. Klüber, Das Vorkommen der chemischen Elemente im Kosmos, 1931

šalinti nusistebėjimas, būtent, šiandien esame įsitikinę, kad žvaigždė gimstanti milžinu, o mirštanti nykštuku. Milžino tūris yra daug didesnis, negu nykštuko tūris. Pavyzdžiui, imkime štai tokius milžinus (159 p. tabelė). Mūsų Saulė priklauso žvaigždžių rūšiai, kuri vadinama „pagrindinė eilė". Tam tikrais daviniais galima manyti, kad mirštančios žvaigždės radijus esąs tiktai keletas dešimtinių Saulės radijaus.

Čia suteikiamas mažas skaičius žvaigždžių, kurios priklauso „pagrindinei eilei", kuriai priklauso ir mūsų Saulė:

vardas	radijus, pareikštas Saulės radijum.
Saulė	1
ν Scorpii	3,2
α Lyrae	2,4
α Canis maj. A	1,8
α Centauri A	1,0
61 Cygni A	0,7
Krüger 60 A	0,34
Barnards stella	0,16

(Datos paimtos iš Svein'o Rosseland'o, Astrophysik, 1931).

Imkime, kad yra užgesęs nykštukas radijum 0,2 Saulės radijaus, kad jis stovi tarp mūsų akių ir alfos Aurigae A. Kiek alfa Aurigae A šviesa būtų silpninama? Visai elementarinis skaičiavimas sako, kad susilpninimas būtų 0,0003 visos šviesos, kurią siunčia alfa Aurigae A. Tai yra tiek maža, kad mažiausiai 15 tokių tamsių žvaigždžių galėtų patekti tarp mūsų akių ir alfa Aurigae A, jog geriausiais savo įrankiais vos tik pastebėtume.

Tiesa! susektas davinys nėra tikslus. Nes regimas žvaigždės apskritimas pareina nuo to, kaip toli žvaigždė yra nuo mūsų. Susektas davinys būtų tikslus tiktai tuomet, kada alfa Aurigae A ir 0,2 Saulės radijaus tamsi žvaigždė būtų beveik lygiai tolimos nuo mūsų.

Čia prisideda dar vienas dalykas. Geriausiu atveju, einant Rosseland'u, milžinų tėra 1% pagrindinės eilės žvaigždžių. Taigi, davinys rodo, jog nėra ko stebėtis, kad toks užklojimas dar nebuvo pastebėtas.

Bet lieka dar 99% visų žvaigždžių, vadinasi, praktiškai kalbant, visos žvaigždės.

Dėl gana plačios juostos ant dangaus galima įtikimai išaiškinti, kodėl toj juostoj toks įvykis dar nebuvo pastebėtas. Sakomoji juosta yra Paukščių Kelias. Kam teko matyti Paukščių Kelio fotografija, tas pamatė, kad čia žvaigždžių taip tanku, jog jau vien dėl technikinių kliūčių toks įvykis vargu galimas pastebėti.

Lieka visos kitos žvaigždės. Reikėtų manyti, kad bent per tą laiką, kada fotografuoja dangų, sulyginus negativus, kada-ne-kada, nors retai būtų suradę tokį užklojimą, arba bent jam panašų dalyką. Bet literaturoje nieko apie tai negirdėti.

Dar galima, regis, sumažinti stebėjimo tikimybę. Nes aišku, bus retas įvykis, kad iš mūsų žiūrint, kaip tik pilnas tamsios žvaigždės plotas

visai tilps šviečiančios žvaigždės plote. Paprastai, taip nebus. Dėlto šviesos silpnėjimas bus mažesnis.

Tačiau ir tai negali pašalinti nuostabumą. Nes, imkime, kad į mūsų Saulę panaši žvaigždė būtų antrą kartą taip toli, kaip aukščiau kalbama, užgesusi, tuomet tuojau matyti, kad žvaigždės šviesa ima silpnėti beveik 0,2. Jeigu šviesi žvaigždė būtų ketvirto ryškumo, tuomet šiek tiek. papratęs stebėtojas pastebėtų silpnėjimą dar plika akimi. Žinoma, jeigu tamsi žvaigždė visai tilptų šviesiosios apskritime! Be to, dar nereikia užmiršti, kad tokie įvykiai nėra periodiniai, o atsitiktiniai, nelaukiami. Dėlto didžiausias įvykių skaičius nebus pastebimas. Tai viskas smarkiai sumažina tikimybę. Bet tačiau galutinai nepašalina nuostabumo.

Kitaip būtų, jei Arrheniaus pažiūrą apie naujas žvaigždes būtų teisinga. Iki pat paskutinios dienos Arrhenius tvirtino, kad naujos žvaigždės įsižiebia susikuliant dviem žvaigždėm. Jis griežtai suformulavo šią pažiūrą veikale „Das Werden der Welten“ 1921. Čia jis, berods, be jokio argumentavimo, pradeda nuo minties, kad esą maždaug 100 kartų daugiau užgesusių žvaigždžių, kaip dabartimi šviečiančiųjų ir veda iš to tam tikras išvadas. Jis čia sako: „Nehmen wir nun an, dass es hundertmal mehr erloschene als leuchtende Sterne gibt, welche Annahme gar nicht so unberechtigt ist...“ (pusl. 153).

Toks galvojimas yra per pigus, nors ir garsus Arrhenius ištarė šią mintį. Nes, pirma, jis visai neargumentuoja, dėlto tariasi turįs teisę manyt, kad, apskritai, yra tamsių žvaigždžių. Antra, neišaiškina, dėlko jis parenka skaičių 100, o, sakysime, ne 1000, arba 10. Taip negalima galvoti dėlto, kadangi Kosme galima laukti tokių įvykių, kurie iš tikrųjų pasitaiko eibių teorijoje, kur neretai tas, kas atrodo paradoksas, yra teisinga — ir kas atrodo teisinga, yra klaidinga. Kosme žmonės, mes, vienadienės muselės, susiduriame beveik su nepabaigiamybe, žiūrint kiekybės, erdvės, laiko ir, galų gale, ir galimybių. Dėlto reikia būti labai atsargiam, sudarant hipotezes. Be to, Arrhenius apverčia visą dalyką. Jis pradeda nuo minties, kuri kaip tik turi būti tyrinėjimo siekinys, būtent, jeigu yra užgesusių žvaigždžių, tai susekti kiek kartų daugiau yra užgesusių, kaip dabar šviečiančiųjų. Šita proporcija kaip tik bus vienas raktas, kuriuo atrakinsime kosmogoninių klausimų paslapties vienas duris. Čia tiktai sistemingas kalbamųjų įvykių ieškojimas gali suteikti reikiamų davinių, kuriais remiantis, bus galima spręsti toliau.

Ekstragalaktinėje erdvėje randame objektus, kuriuos vadina „spiralinėmis ūkanomis“. Nemačiusiems tokių dalykų skaitytojams čia patiekiama du atvaizdu, pagamintu iš fotografijų (kiek schematizuotų).

Pirmasis atvaizdas parodo ūkanas N.G.C. 5194, antrasis N.G.C. 224. Pirmąsias vadina ir „Canis venaticorum nebula“, o antrąsias — „Andromedae nebulae“.

Į pirmo paveikslo ūkanas žiūrime, taip sakant, tiesiog iš viršaus, į antro paveikslo ūkanas įstrižai iš šono. Žinoma, kad tokios ūkanos yra maždaug tokios didelės, kaip visa mūsų Paukščių Kelio sistema, kad yra lygiai tokiu pat būdu sudėtos, t.y., susideda iš keleto dešimčių milijardų žvaigždžių, ir, be to, turi tą pačią bendrą formą. Visos ūkanos yra labai toli nuo mūsų. Šiandien, apskritai, sutinka, kad tokios ūkanos yra sistemos maždaug tokios pačios, kaip mūsų Paukščių Kelio sistema. Naujausieji da-

viniai privertė nutilti net tuos, kurie ligšiol vis dar abejodavo, ar ūkanos iš tikrųjų esančios kitos Paukščių Kelio sistemos. Mūsų instrumentai rodo milijoną su viršum tokių objektų.



Jau gana greitai pastebėta, kad spiralinės ūkanos mėgsta susispiesti spiečiais. Pavyzdžiui, viename daikte 40'×50' randasi 304 tokios ūka-



nos (AR = 12^h 55^m, $\delta = +28^0,5$). Esti spiečių, kuriuose randasi net dar daugiau objektu ir dargi mažesniam plote. Nenuilstamas Shapley neseniai labai įtikimai įrodinėjo, kad tokios krūvos greičiau esančios aukš-

tesnės eilės vienetai. Yra davinių, kad ir mūsų Paukščių Kelio sistema priklauso vienetui, kuriam dar priklauso vadinamieji Magellan'o debesys, ir dar kai kurie, iki šiol neaiškiai definuoti, objektai.

Tyrinėjant sakomąsias ūkanas, vėl pasirodo nuostabūs, visai nelauktini dalykai. Pasirodo, kad visos (regis, be išimties) ūkanos tolėja nuo mūsų, ir juo greičiau, juo jos yra tolimesnės. Apie labai nuostabias mintis, einančias iš šio reiškinio, plačiai kalbėjo p. S l a v ė n a s, šiame žurnale pereitais metais. Ten skaitytojas ras reikiamų žinių. Čia tegul būna leista pridėti, kad šiomis dienomis pasirodė, jog Einstein'o kelionė Amerikon nebuvo išsiblaškymo kelionė, o turėjo rimtą siekinį. Aukščiau sakomas faktas nesutinka su Einstein'o kosmogoninėmis pažiūromis. Dėlto jis norėjo pat vietoje, Amerikoje, tartis su susekusiais šį reiškinį astronomais. Iš rimtų versmių eina žinia, kad Einstein'as, aukščiau sakytojo fakto verčiamas, žadąs reviduoti savo kosmogonines pažiūras.

Bet, be to, yra dar vienas nemažiau nuostabus reiškinys. Pasirodė, kad visų šių ūkanų spektrai yra maždaug tipo G. Ir mūsų Paukščių Kelio bendras spektras, — jį vadina „integruotu spektru", — yra beveik normalinio tipo G. Tokio rezultato, kaip tik nereikėjo laukti, nes kiekvienas juk sprendžia šitaip: jeigu ūkanos (vad. spiralinės ūkanos) yra individai, vad., plėtojasi, tuomet tarpe milijono objektų turi būti bent keletas ankstybesnio ir keletas vėlybesnio plėtojimosi spektrų. Vadinasi, reikėjo laukti, kad tam tikras jų skaičius rodys tipo A spektrą, tipo F, tipo G, tipo K ir, galų gale, tipo M spektrą. Visiškai kitas klausimas, kaip įvairių tipų skaičiai tarpusavyje santykiuoja. Bet kad be G tipo — ir, regis, vieno kito artimo K tipo — kitų tipų visai nėra, tai veikia kaip visai nelauktas smūgis į proto veidą! Tai kas čia įvyksta?

Visų pirma, negalima išsižadėti minties, kad sakomos ūkanos yra individai. Nes tuo išsižadėtumėme proto reikalaujamo dalyko, vad., mokslo. Toliau, negalima sutikti su mintimi, kad visi šitie individai turėtų lygaus laiko pradžią. Nes sutikus su tokia mintimi, tuojau kiltų klausimas: kodėl jie užgimė lygiu laiku? Aišku, kad į tokį klausimą niekados negalėtume atsakyti, nesigriebdami metafizinio, vad., negalimo aiškinimo.

Čia galėtų kilti štai tokia mintis: Įsivaizdinkime kurį kaimą. Kaime gyveną keletas šimtų gyventojų. Gyventojai yra ypatingi tipai. Savo išsivystimą, vad., jaunystę, pergyvenę per 20 metų. O subrendusieji, suaugusieji gyveną 20000 metų. Bet tuomet per 20 metų senstą ir mirštą. Kuriuo laiko momentu ant tų gyventojų atsirandą neprašyti, tačiau protingi gyviai. Neprašyti svečiai, sulyginant su šeimininkais, kurių galvon jie gyveną, gyveną labai trumpai; tik trumpą momentą. Tačiau tam tikrais įrankiais imą tyrinėti gyventojus ir pastebį, kad visi gyviems prieinami gyventojai yra bemaž vienodi. Ką sakomieji gyviai turėtų manyti?

Regis, šitaip: mes atsiradome tuomet, kuomet jauniausias gyventojas buvo jau senesnis, negu 20 metų. Sulyginus su gyventojo amžiumi mūsų visos rūšies egzistavimo laikas yra tiktai trumpas momentas, ir per 20 metų prieš mums atsiradus, joks gyventojas nemirė, dėlto nepastebime nei jauną gimstant, nei seną mirštant.

Šiuo maždaug būdu kai kurie iš tikrųjų mėgino dalyką išaiškinti. Sulyginimo pritaikinimas Kosmui yra aiškus ir lengvas.

Tačiau šios hipotezės kojos yra silpnos. Jeigu tebūtų kelios dešimtys tokių objektų, tuomet iš bėdos, prisispiriant, dar būtų galima sutikti su hipoteze. Bet, turint darbo su maždaug milijonu objektų, hipotezė nebeišrodo įtikima. Idant šiąja sąlyga hipotezė tiktų, turi būti patenkintų perdaug premisų.

Šios hipotezės yra dar vienas variantas Bet juo nuosakiai eidami, susiduriame su tuo, kad, berods, pačiuose objektuose nuolat vyksta priežastingumo vykinamos atmainos, bet patys objektai, kaip tokie, nesikeičią. Pirma, tokia mintis, iš tikro, yra keista. Tarytum, kad vieneto atmaina nebūtų jo visų dalių atmainų suma — ir atbulai: kad vieneto visų dalių atmainų suma sudarytų integrinio dydžio, vad., nereikštų ir paties vieneto atmainos. Antra, tai prieštarauja ir stebėjimų daviniams. Tiesa, ligšiol teturime maža davinių, bet turimieji nesutinka su tokia mintimi. Matyti, kad sakomųjų objektų atžvilgiu dabartimi teturime per maža žinių.

Tuo tarpu tačiau būtų galima bent mėginti eiti kitokiu keliu, būtent: Imkime, kad ekstragalaktinėje erdvėje esą tamsių masių. Tamsios masės esančios, sulyginant, labai maži kūneliai. Tokia mintis, regis, yra visai naturali. Juk negalima sutikti, kad erdvė būtų absolutus vakumas. Reikalinga, kad šių masių sūdrumas būtų toks, kad nepatektų į konfliktą su stebėjimais. — Sakysime, kad spiralinių ūkanų tarpe esąs tam tikras skaičius ankstybesnio ir vėlybesnio išsiplėtojimo tipų. Sakomosios tamsios masės darytų rinktinę (selektivinę) absorpciją, bendrą absorpciją, šešėlio efektą ir šviesos barstymą. Šviesos barstymo poveikio galime nepaisyti, kadangi masių sūdrumas turi būti labai mažas. Riktinės absorpcijos dėka ankstybesnio išsiplėtojimo spektrai būtų redukuojami į vėlybesnio tipo spektrus. Vidurinio išsiplėtojimo spektrai būtų beveik nepaliečiami; jie tiktai bendrai silpnėtų dėl bendros absorpcijos ir šešėlio efekto. Bendra absorpcija ir šešėlio efektas darytų, kad ankstybo ir vėlybo išsiplėtojimo spektrai nyktų; jie būtų tiek silpninami, kad nebejaudintų mūsų tyrinėjimo priemonių. Tuo būdu yra sukonstruotas atrankos principas, kuriuo einant, teliktų pestebimos G ir K tipų spektrai. Matyti, kad tyrinėjant galima pradėt nuo dviejų punktų. Nes, remiantis rinktine absorpcija, turi būt galima susekti masės kiekis kūgyje tarp mūsų ir ploto, esančio tinkamai toli. O remiantis bendra absorpcija ir šešėlio efektu, turi būti galima vėl susekti sakomos masės kiekis. Abudu daviniu reikia koriguoti, kol patenkinama objektų įvairių nuotolių sąlyga. Tuomet pasirodytų, ar abudu daviniu sutinka tarpusavy ir patenkina stebėjimus, ar ne.

Kai kam galėtų išrodyti, kad šiame straipsnyje ištartos abejonės nesančios reikalingos, kadangi hipotezės,—sakysime, dėl užgęsusių žvaigždžių — esančios tvirtos ir savaime aiškios. Bet mūsų gadynės tyrinėjimai — ypačiai atomų fizikoje — brandino tiek tiesiog revolucingų davinių, kad, regis, esą ne pro šalį įsitikinus, ar hipotezės iš tikro patikimos.

Tiek, rodos, yra aišku; kol nežinosime, ar Kosme tamsios masės vaidina bet kurį vaidmenį, ar ne, tol yra per anksti manyti apie kosmogoninių problemų sprendimą.

Viestiek, katras būtų rezultatas, — ar teigiamas, ar negiamas, — abudu būtų lygiai svarbiu, kadangi bent valytų platformą.

* * *

Mėnulio judėjimas.

Problemos apžvalga nuo senovės iki šių dienų.

Dr. P. Slavėnas, Kaunas.

Moksle esti problemų, kurios galėtų atrodyti kiek specialios, bet kurios turi bendros reikšmės, nurodydamos kelius, kuriais mokslas žengia priekin. Šiuo atžvilgiu Mėnulio judėjimo problema gana itin įdomi. Mėnulio judėjimas, būdamas nepaprastai sudėtingas reiškinys, verčia vartoti labai skirtingus tyrinėjimo būdus ir nuolat kritiškai į juos atsižvelgti.

Mėnulio judėjimo problema yra tiek pat sena, kiek pati astronomija. Šių dienų astronomijos šviesoje Mėnulis atrodo visai mažas ir nežymus dangaus kūnas, bet senovės astronomui Mėnulis buvo, po Saulės, antrasis pagal svarbą dangaus kūnas. Mėnulio judėjimas regimame dangaus skliaute senovėje buvo labai svarbus kalendoriaus reikalams, nes mėnesio ilgis buvo tuomet nustatomas pagal Mėnulį. Kadangi „tikrojo“ (sinodinio) mėnesio ilgis yra 29 dienos 12 val. 44 min. (tiksliai 29,530588 dienų), tai kalendorinio mėnesio ilgis buvo ar 29, ar 30 dienų. Griežtų taisyklių tokiam pasirinkimui nebuvo galima surasti. Todėl ilgą laiką viešpatavo neapsakoma painiava. Tik nuo 45 m. prieš mūsų erą, kai buvo įvestas vad. Julijaus kalendorius, mėnuo pasidarė praktiškai nepriklausomas nuo Mėnulio.

Mėnulio fazės senovės žmogui atrodė turinčios didelės reikšmės, bet dar didesnio įspūdžio teikė jam Saulės ir Mėnulio užtemimai. Todėl nenuostabu, kad civilizuotų senovės tautų — egiptiečių, chaldejų, indų, kiniečių, Mėnulį uoliai stebėdavo atatinkamo luomo žmonės. Bet ir ten, kur dangaus stebėjimas nebuvo taip tiksliai organizuotas, tokie nuostabūs reiškiniai, kaip užtemimai, nepraėjo nepastebimi ir liko užrašyti metraščiuose.

Tokie užrašai, jei pavyksta juos dešifruoti, kartais būna labai brangūs, nes iš jų galima patikrinti bei patobulinti Mėnulio teoriją. Kaipo pavyzdį galima nurodyti vadinamas A l m a g e s t o okultacijas. Okultacija, arba padengimu, vadiname tokį reiškinį, kada Mėnulis užstoja (padengia) regimame dangaus skliaute kokia nors žvaigždė. Kai kurios okultacijos, stebėtos dar mūsų eros pradžioje, buvo Ptolomejo užrašytos į jo garsųjį „A l m a g e s t'ą“. O jau mūsų laikais, 1915 metais astronomas F o t h e r i n g h a m'as jas suskaičiavo moderniškais metodais ir patiekė spaudai.

Dažnai atsitinka, kad senovės užrašai nėra pakankamai tikslūs, kad galėtų duoti kokios nors naudos dabartiniam astronomui; bet vis dėlto jie gali padėti istorikui, nustatant tikslią įvykio datą. Sakysim, pavyzdžiui, žinome metus ir mėnesį, kuriais buvo koks nors istorijos įvykis. Sakysim, yra paminėta, kad įvykio metu buvo, pavyzdžiui, pilnatis. Besinaudodami dabartinėmis Mėnulio tabelėmis (lentelėmis), galime suskaičiuoti tų metų ir mėnesio dieną, kada buvo pilnatis. Tada įvykio diena taip pat gali būti nustatyta, jei ir ne visai tiksliai, tai bent su didele tikrenybe.

Dažnai pasitaiko, kad istorikas ir astronomas padeda vienas kitam. Čia reikia turėti galvoje pirmieji Saulės užtemimai. Senovėje įvykusio užtemimo data gali būti visai tiksliai, kiek reikia istorikui, suskaičiuota. Užtemimai pasitaiko ne taip dažnai, kad galėtume per apsirikimą ar nežinojimą supainioti vieną jų su kuriuo kitu. Todėl chronologinė data, paduotoji

metrašty ar šiaip istoriniame dokumente, gali būti suderinta su dabartine chronologija. Iš kito šono, smulkios žinios apie geografines vietas, kuriose buvo matomas pilnas Saulės užtemimas, tarnauja astronomui, kaipo labai tikslūs stebėjimo daviniai.

Senovėje Mėnulio judėjimo tyrinėjimas buvo pagrįstas pliku empirizmu. Anų laikų astronomai, stebėdami Mėnulį stengėsi surasti kokias nors bendras taisykles Mėnulio judėjimui apibūdinti, bet jie nesugebėjo gilintis į šito judėjimo esmę arba į priežastį. Kokių nors paprastų taisyklių jiems nepavyko surasti, todėl teko žiūrėti į Mėnulio judėjimą, kaip į sudėtingą reiškinį, sudarytą iš visos eilės paprastų procesų.

Mėnulis, lygiai kaip ir visi dangaus kūnai, dalyvauja bendrame „regimojo dangaus skliauto judėjime". kuris, kaip dabar žinome, pareina nuo Žemės sukimosi aplink savo ašį. Tačiau Mėnulis nepasilieka nejudamas tarp žvaigždžių, bet keliauja tarp jų per visą „dangaus skliautą" taku, kuris, paviršutiniškai žiūrint, atrodo kaip didelis apskritimas. Pilna Mėnulio kelionė regimame „dangaus skliaute" tarp žvaigždžių trunka 27 dienas 7 val. 43 min .(tiksliai 27,321661 dienų) — vadinamas s i d e r i n i s m ė n u o.

Mėnulis, sideriniam mėnesiui praslinkus, negrįžta tiksliai į savo senąją regimąją vietą, ir jo takas dangaus skliaute neužsidaro — nesusieina galais. Šitas reiškinys jau senovėje buvo imtas traktuoti taip, kad tarytum Mėnulio takas danguje nepasilieka visą laiką vietoje, bet pamaži juda. Dėl to taškai, vadinamieji „mazgai", kuriuose regimas Mėnulio takas kerta regimąjį Saulės taką (ekliptiką), taip pat juda, darydami pilną apsisukimą danguje per 18½ metų (tiksliau: per 6794,4 dienų).

Mėnulis juda savo taku ne vienodai: vienur greičiau, kitur lėčiau. Tas taškas Mėnulio take, kur Mėnulis juda už vis greičiau, gavo p e r i g e j o vardą, nes čia Mėnulis už vis arčiai prieina Žemę. Jau H i p p a r c h'as (gyvenęs II šimtmety prieš Kr.) pastebėjo, kad perigejas nestovi vietoj, o visą laiką pamaži juda. Tas reiškia, kad visas Mėnulio takas erdvėje pasisuka savo plokštumoje. Pilnas apsisukimas įvyksta per 3232,38 dienų (apie 9-ri metai).

Čia aprašytas nevienodumas taip pat nėra pastovus. Jis pasiekia maksimumą, kai Saulė yra dangaus skliaute arti perigejo, arba priešingoje pusėje (prie apogejo). Atvirkščiai: kada Saulė stovi dangaus skliaute 90° atstume nuo perigejo, tada Mėnulio judėjimas darosi vienodesnis. Šitas reiškinys, susektas Hipparch'o, vadinamas e v e k c i j a.

Taip pat Mėnulio judėjimas pareina nuo esamos fazės, vadinasi, nuo vietos, kurią jis turi dangaus skliaute Saulės atžvilgiu. Tarp jauno ir priešpilnio Mėnulis skuba; tarp priešpilnio ir pilnačio — vėlinasi, tarp pilnačio ir delčios — vėl skuba; pagaliau, tarp delčios ir jauno — vėlinasi. Šitas reiškinys vadinamas v a r i a c i j a

Visi nukrypimai nuo taisyklingo judėjimo apskritimu turi bendrą n e l y g y b i ų (Ungleichheit, inégalité, inequality, neravenstvo) vardą. Čia buvo minimos tiktai svarbesnės nelygybės. Šiaip jų yra žinoma labai daug: tiesiog viena nelygybė ant kitos.

Toks Mėnulio judėjimo suskaidymas į eilę atskirų reiškinių yra grynai atsitiktinis ir subjektivus dalykas. Tačiau daugelis senovės astronomų manė, kad šitas suskaidymas glūdi pačioje gamtoje. Tokią naivią pažvalgą pilnai atatiko garsioji P t o l o m e j o sistema Metodai, kurie glūdi toje sistemoje, gali būti apibūdinti šiokiu protavimu.

Įsivaizduokime, kad stebime kokį nors dangaus kūną, pavyzdžiui, planetą. Iš pradžios, labai paviršutiniškai žiūrint, galėtų atrodyti, kad planeta juda danguje visai taisyklingu apskritimu ir vienodu greitumu. Tolimesni stebėjimai rodo, kad planeta neprisilaiko tokio kelio, o tarytum švytuoja danguje aplink savo „teorišką" vietą Taip pat, paviršutinai žiūrint, galėtų atrodyti, kad toks švytavimas vyksta taisyklingu apskritimu. Ptolomejiškai pasakytume, kad planeta juda apskritimu, vadinamu epicikliu, kurio centras juda kitu apskritimu, vadinamu deferentu aplink Žemę. Jeigu tolesni tyrinėjimai parodytų, kad planetos judėjimas epicikliu nėra taisyklingas, tai galėtume įvesti antrą epiciklį, kurio centras atsistotų senoj teoriškoj planetos vietoj ir šiuo nauju epicikliu priverstume keliauti planetą. — Šiuo keliu einant, galima tiksliai apibūdinti bet kokį judėjimą.

Visai panašiai elgiasi šių dienų mokslininkai, gvildendami gamtos reiškinius, kurių dėsningumas nėra ištirtas. Iš dabartinės astronomijos užtenka paminėti Saulės dėmes ir kintamas žvaigždes. Astronomas, tyrinėdamas panašų reiškinį, visų pirma stengiasi surasti jame kokį nors periodiškumą. kuris jau savaime yra taisyklingumo žymė. Toliau toks neva (kvasi) periodiškas reiškinys yra skaidomas į visą eilę elementarinių periodinių reiškinių. Šiuo atveju yra labai naudinga vadinamoji harmoninė analizė, kuri leidžia matematiškai išreikšti trigonometrinėmis eilėmis stebimąjį gamtos procesą.

Be trigonometrinių eilučių moksle vartojama daugybė visokių kitų reiškinių. Harmoninė analizė yra viena rūšis bendrojo vartojamo metodo, kurį galėtume pavadinti „empirinių formulų sudarymu". Tyrinėjimo eiga, einant šiuo metodu, yra gana nesudėtinga. Gamtos reiškinys yra stebimas ir grafiškai atvaizduojamas kreivės pagelba; po to sustatoma ad hoc matematiška formula, kuri duoda kiek galima panašų grafišką vaizdą. Tokia formula gana tiksliai apibūdina nagrinėjamąjį reiškinį. Anglų kalba turi net tam tikrą terminą „curve fitting" (kreivių pritaikymas), kuriuo vadinama ši pritaikomosios matematikos šaka.

Senovės graikai buvo labiau linkę į geometriją. Geometrinės konstrukcijos jiems atstodavo analizines formulas, kurios vyrauja mūsų laikais. Jiems rūpėjo išreikšti geometrišku būdu dangaus kūnų takus regimame dangaus skliaute. Apskritimas netiko šiam tikslui. Tada E u d o k s a s (gyvenęs apie 409—356 pr. Kr.) nurodė, kad geometriškai galima išreikšti labai sudėtingus judėjimus su pagelba apskritimų, kurių centrai juda taip pat apskritimais. Šita mintis buvo panaudota ir plačiau išplėtota Ptolomejo Almageste. Matome, kad logiškoji Ptolomejo sistemos kilmė nėra svetima net šių dienų mokslui. Panašūs protavimo būdai neišnyko moksle iki šiol.

Dirbtinai sugalvota epiciklių ir deferentų sistema turėjo didelį trūkumą, bendrą visoms empirinėms formuloms. Būtent, empirinė formula gali būti e k s t r a p o l u o j a m a tiktai hipotetiškai. Kitaip sakant, e m p i r i n ė f o r m u l a y r a t i k s l i i r p a t i k i m a t i k t a i a t l i k t ų s t e b ė j i m ų s r i t y j e. Bet kuris išplėtimas iš šitos srities (vadinamoji ekstrapolacija) neturi jokio pagrindo

Paprastą pavyzdį duoda Saulės dėmės. Sistemingas jų stebėjimas prasidėjo dar 18-me šimtmetyje. Laikui bėgant, susirinko gausinga medžiaga. Buvo pastebėtas periodiškumas; periodo ilgis (pagal N e w c o m b'ą)

išeina apie 11,13 metų. Schuster'is labai pagrindinai išnagrinėjo stebėjimo medžiagą statistiniu būdu ir gavo atatinkamas formulas. Tačiau visa šita matematika tinka tik jau atliktiems stebėjimams; o kas bus vėliau—nėra žinios, nes Saulės dėmių eiga dar nėra ištirta iš esmės. Žinoma, kad paskutiniai Saulės dėmių maksimumai įvyko (apytikriai) 1905, 1917 ir 1928 metais, galime laukti ateinantį maksimumą 1938—39 metais. Tačiau, tai yra tiktai spėliojimas. Kaip rodo netolimos praeities patyrimas, visuomet galima apsirikti keliais metais.

Panašiai buvo su ptolomejiška astronomija. Epiciklių ir deferentų sistema buvo pakankamai lanksti stebėjimo daviniams išreikšti; tačiau ji galiojo tik apribotam laiko tarpui. Šitam laiko tarpui pasibaigus, „sistema" vis labiau ir labiau nutoldavo nuo stebėjimo davinių, ir todėl reikėjo ji nuolat taisyti. Šiam tikslui anų laikų astronomai įvesdavo tarp Žemės ir planetos vis naujas epiciklių ir deferentų grandis. Todėl vidurinių amžių gale, arabų astronomų darbštumu, ptolomejiška sistema pasidarė nepaprastai paini ir griozdiška: tas ją ir pražudė.

Astronomijos istorijoje yra minima, kad pats Ptolomejas labai atsargiai dėstė savo sistemą, nurodydamas ją tiktai kaip būdą, kuriuo regimieji dangaus kūnų judėjimai galima aprašyti. Krištolinės sferos, prie kurių esančios pritvirtintos planetos, ir kiti panašūs dalykai prigijo vėliau. Graikų astronomai turėjo labai įvairių pažiūrų kai dėl pasaulio sutvarkymo; todėl Ptolomejas turėjo reikšti savo teoriją atsargiu būdu. Bet kada teorija įsigalėjo, atsirado įsitikinimas, kad ptolomejiška sistema sudaro tikrą pasaulio vaizdą, o toks protavimas, kaip žinome, privedė prie stambių klaidų.

Ptolomejiška astronomija turėjo labai didelę spragą. Dangaus kūnų atstumai nuo Žemės nebuvo žinomi. Kol buvo gvildenamas tik regimas dangaus kūnų judėjimas, tol Ptolomejo sistema galėjo šiek tiek atvaizduoti tikrenybę. Bet ji duodavo visai klaidingą supratimą apie pasaulį, kada senovės astronomai bandė sudaryti vaizdą erdvėje. Vieną išimtį sudarė Mėnulis.

Iš tikrųjų, ptolomejiška astronomija skyrė Mėnuliui būklę erdvėje netolimą nuo tikrosios jo būklės. Mėnulio atstumas nuo Žemės buvo gvildenamas nuo seniausių laikų. Priežastis paprasta: iš visų dangaus kūnų Mėnulis yra mums artimiausias. Jo atstumui bent apytikriai susekti nereikia labai ištobulintų metodų.

Hipparch'o manymu, Mėnulio atstumas nuo Žemės esąs lygus 60 Žemės radijų. Ptolomejo manymu, kiek mažiau, būtent, 59. Kiti senovės autoriai vartoja panašius skaičius. Visa tai labai gerai sutinka su tikrenybe, nes tikras vidutinis Mėnulio atstumas yra lygus 60,2665 ekvatorialinių Žemės radijų (= 384400 km.).

Didelė audra, ištikusi astronomiją 15 ir 16 šimtmečiuose, maža tepalietė Mėnulio problemą. Ptolomejo geocentrinė sistema griuvo, bet Mėnulio vieta pasauly, einant naująja Koperniko sistema, pasiliko beveik ta pati, kaip ir seniau. Garsūs Keplerio dėsniai puikiai išreiškė planėtų judėjimus. Tačiau tie dėsniai netiko Mėnuliui*.

---

* Terminologijos reikalu tenka pastebėti, kad seniau planetomis vadino visus dangaus kūnus, kurie keičia savo regimąsias vietas tarp žvaigždžių. Dabar priimta va-

Nauja gadynė prasidėjo nuo Newton'o. Savo garsiame veikale „Philosophiae Naturalis Principia Mathematica" (trumpai „Principia"), išleistame 1687 metais, Newton'as, taikydamas visuotinės traukos dėsnį astronominiams reiškiniams, taip pat nagrinėjo Mėnulio judėjimą. Newton'as išaiškino, kodėl Keplerio dėsniai netinka Mėnuliui. Newton'as ne tik įrodė, kad Mėnulio „nelygybės" kyla iš visuotinė traukos, bet taip pat grynai teoriniu būdu surado kai kurias „nelygybes", kurių astronomai tais laikais dar nebuvo pastebėję.

Suskaičiuodamas „perigėjo judėjimą", Newton'as gavo tiktai pusę tikros reikšmės (reiškia, apytikriai. 4½ metų vietoj 9). Apskritai „perigejo judėjimas" pasirodė esąs gana sunkus uždavinys, ant kurio suklupdavo ne vienas vėlesnių tyrinėtojų. Tačiau iš rankraščių, išlikusių po Newton'o, pasirodė, kad jis buvo vaisingai sprendęs šitą problemą ir gavęs skaičių, artimą tikrenybei.

Newton'o mechanikos šviesoje Mėnulio (lygiai, kaip ir visų dangaus kūnų) judėjimas yra visuotinės traukos išdava. Saulės sistema susideda iš daugelio kūnų. Kad ištirtume tiksliai jų judėjimus, turime nagrinėti kiekvieno kūno poveikį visiems kitiems. Tokia paini problema, apytikriai sprendžiant, gali būti žymiai suprastinta. Tačiau to suprastinimo keliai yra įvairūs įvairiems Saulės sistemos dalyviams. Šiuo atžvilgiu „Mėnulio teorija" labai skiriasi nuo vadinamos „planetų teorijos".

Įsidėmėkime, kad, einant Newton'o dėsniu, traukos jėga tarp dviejų kūnų yra proporcinga tų dviejų kūnų masėms ir atvirkščiai proporcinga jų atstumo kvadratui. Rašydami šitą dėsnį formulos pavidalu, turime:

$$F = k\frac{M_1 M_2}{r^2}.$$

Čia F yra traukos jėga,
M_1 ir M_2 — tų kūnų masės,
r — atstumas tarp jų,
k — pastovus skaičius (konstanta), kuris priklauso nuo matavimo vienetų pasirinkimo.

„Planetų teorijoje" krinta akysen, kad Saulė turi žymiai didesnę masę, kaip planetos: net didžiausios planetos — Jupiterio masė nesudaro 1/1000 Saulės masės. Tuo tarpu atstumai tarp planetų yra dideli, — vidutiniai imant, nemažesni už tų pačių planetų atstumus nuo Saulės. Todėl Saulės poveikis bet kuriai planetai yra nepalyginamai didesnis už visų kitų planetų poveikius paimtus sykiu. Tokiu būdu, nedarydami didelės klaidos, galime vaizduotis, kad planeta randasi vien tik Saulės poveiky. Tuomet, kaip jau Newton'as įrodė, planeta turi judėti aplink Saulę Keplerio dėsniais; jos kelias turi elipso formą.

Savaime suprantama, kad Keplerio dėsniai nėra absoliučiai tikslūs. Planetų savitarpio poveikis yra mažas, bet pastebimas. Planetos nuolat daugiau ar mažiau nukrypsta nuo kepleriškų elipsų. Tokie nukrypimai vadinami „nelygybėmis", arba, moderniškiau sakant, — perturbacijomis. Planetų teorija kaip tik nagrinėja tas planetų perturbacijas.

Kiek painiau dalykai stovi su Mėnuliu. Mėnulis keliauja aplink Žemę, o Žemė — aplink Saulę. Saulė yra 329390 kartų masingesnė už Že-

---

dinti planetomis tiktai kūnus, betarpiškai keliaujančius aplink Saulę, kaip, Merkurijų, Venerą, Žemę ir k.

mę, bet už tat Mėnulis randasi vidutinai 391 kartą arčiau prie Žemės, negu prie Saulės. Palygindami Žemės ir Saulės poveikius Mėnuliui, matome, kad Saulė ima viršų savo mase, o Žemė — trumpu atstumu. Nė vieno tų dviejų poveikių negalima ignoruoti. Be to, dar pats Mėnulis nėra toks mažas, kad jo poveikis Žemei galėtų būti iš karto paneigtas. Išskyrus Žemę, visos kitos planetos, būdamos labai tolimos ir daug mažesnės už Saulę, turi maža poveikio Mėnuliui. Todėl turime nagrinėti savitarpį trijų kūnų veikimą: Mėnulio, Žemės ir Saulės. Tokia „trijų kūnų problema" yra nepaprastai sunki matematikos atžvilgiu; iki šiol ji dar nėra tinkamai išspręsta.

Tačiau apytikriam sprendimui Mėnulio problema gali būti dar labiau suprastinta. Mums rūpi surasti Mėnulio judėjimas Žemės atžvilgiu. Jei nebūtų Saulės, tai Mėnulis keliautu aplink Žemę keplerišku elipsu; tiksliau pasakius, abudu kūnu, Žemė ir Mėnulis, keliautų visai panašiais elipsais aplink savo bendrąjį svorio centrą. Kadangi Mėnulio atstumas nuo Žemės yra apie 60 Žemės radijų (tiksliau: 60,2665), o Mėnulio masė yra lygi $^1/_{80}$ (tiksliau: $^1/_{81 \cdot 56}$) Žemės masės, tai bendras Žemės-Mėnulio svorio centras randasi viduryje Žemės $^3/_4$ atstume nuo Žemės centro.

Žemė ir Mėnulis kartu randasi Saulės poveiky. Tačiau jų judėjimas pasiliktų kepleriškas viens kito atžvilgiu, jei tiktai Saulės traukos dydis ir kryptis būtų vienoda ir Žemei ir Mėnuliui. To nėra, nes abudu kūnu nuolat randasi skirtingoj būklėj Saulės atžvilgiu, ir tokiu būdu Saulės poveikis jiems yra skirtingas Iš to kyla nukrypimų nuo Keplerio dėsnių, arba, kaip sakoma, Mėnulio perturbacijos. Čia svarbu pabrėžti, kad, nagrinėdami Mėnulio judėjimą *Žemės atžvilgiu*, turime kreipti dėmesį ne į Saulės trauką, o į tos traukos atmainas, įvykstančias, Mėnuliui keliaujant aplink Žemę. Tos atmainos nėra didelės, nes Mėnulio atstumas nuo Žemės yra mažas, palyginus su tų dviejų kūnų atstumu nuo Saulės. Todėl gauname teisę vaizduotis. kad Mėnulio judėjimas aplink Žemę pareina, visų pirma, nuo pačių tųdviejų kūnų, o Saulė esanti tiktai pašalinis ir antraleilis veiksnys.

Bet problemos sutvarkymas dar nėra jos išsprendimas. Mėnulio perturbacijos yra tokios didelės. kad jos visai nustelbia normalaus kepleriško elipsio savybes. Problemos sunkumas dar tuo nesibaigia, nes turime dar išnagrinėti, kaip juda Mėnulis ir Žemė kartu aplink Saulę, kitaip sakant kaip juda Saulės atžvilgiu bendras Žemės ir Mėnulio svorio centras.

Turime nagrinėti Žemę ir Mėnulį. kaip atskirą sistemą, ir ištirti, kaip veikia tą sistemą Saulė. Įsivaizduokime, kad Mėnulio atstumas nuo Žemės yra lygus nuliui: kitaip sakant, abudu kūnu susiliejo krūvon. Tuomet Saulės trauka Žemei ir Mėnuliui kartu būtų:

$$F = k \frac{M_0(M_1 + M_2)}{R^2},$$

kur Mo — Saulės masė ,

M_1 ir M_2 — Žemės ir Mėnulio masės

R — bendras Žemės ir Mėnulio atstumas nuo Saulės. Šios traukos poveikiu Žemės ir Mėnulio sistema keliautų aplink Saulę keplerišku elipsu.

O tikrumoje Mėnulio ir Žemės atstumai nuo Saulės retai būna lygūs. Kryptys, jungiančios Mėnulį su Saule ir Žemę su Saule, nėra lygiagre-

lės. Tačiau sudėtinė Saulės trauka, veikianti Žemės ir Mėnulio sistemą, labai mažai nutolsta nuo parašytojo reiškinio, nes Mėnulis ir Žemė, judėdami aplink savo bendrąjį svorio centrą, dalinai kompensuoja vienas kitą Kuomet Mėnulis eina artyn prie Saulės, tai Saulės trauka į jį eina didyn; bet tuomet Žemė eina tolyn nuo Saulės. ir Saulės trauka jai mažėja. Šita kompensacija nėra tobula; tačiau jos pakanka, kad, nedarydami didelės klaidos, galėtume naudotis tuo paprastu traukos reiškiniu (formula). Todėl galima leisti, bent pirmam žvilgsniui, kad bendras Žemės ir Mėnulio svorio centras juda aplink Saulę kepleriška elipsiu.

Tokiu būdu „trijų kūnų problema" Mėnulio atveju virsta labai susiaurinta ir visai „ įkandoma". Vienintėlis sunkus klausimas pasilieka ištirti Mėnulio judėjimas Žemės atžvilgiu. Kai šitas uždavinys yra išspręstas, tai Žemės judėjimas aplink bendrą Žemės ir Mėnulio svorio centrą gali būti lengvai gautas. Bet šitoks judėjimas yra toks nežymus, kad daugumoje astronominių problemų priimta jį ignoruot ir laikyti, kad Žemė keliauja tuo pačiu keliu, kaip ir bendras Žemės ir Mėnulio svorio centras. Prileidimas iš esmės absurdiškas, bet praktiškai leistinas, nes Žemės vidurio atstumas nuo ano svorio centro yra apie 4500 km, kas, „astronomiškai" žiūrint, yra mažmožis.

Einant šiuo keliu, susikūrė analizinė Mėnulio teorija. Pionerus šitoj srity buvo Clairaut'as paskelbęs savo „Théorie de la Lune" 1752 metais, 65 metams praslinkus po Newton'o „Principia". Clairaut'as pirmutinis pritaikė diferencialines lygtis Mėnulio problemai ir sugebėjo surasti apytikrį sprendinį nuoseklių artėjimų būdu. Iš pradžios Clairaut'as prileidžia, kad Saulė, Žemė ir Mėnulis visą laiką randasi vienoje plokštumoje. Toks prileidimas yra priešingas tikrenybei, tačiau neišvengiamas, nes kitaip negalima prieiti atsakymą. Kaipo apytikrį sprendinį, Clairaut'as gavo elipsį, besisukantį aplink savo fokusą (židinį). Gavęs šitą „pirmą aproksimaciją", Clairaut'as plėtojo teoriją toliau.

Dėl matematinių sunkenybių pirmieji rezultatai ne visai atitiko tikrenybei. Pavyzdžiui, anas Mėnulio orbitos sukimasis (perigejo judėjimas) Clairaut'ui išėjo beveik dvigubai mažesnis, negu rodo stebėjimai. Iš to buvo kilusi abejonė dėl Newton'o traukos dėsnio. Čia reikia paminėti, kad vėlesni Newton'o rankraščiai tada dar nebuvo paskelbti. Clairaut'as manė, kad bent visuotinė trauka nesanti visai tiksliai proporcinga atstumo kvadratui ir įvedė papildomų jėgų, atvirkščiai proporcingų atstumo kūbui. Su šita hipoteze Clairaut'as aiškino perigejo judėjimą. Vėliau, kada Clairaut'as patobulino savo teoriją, pasirodė, kad tai buvo klaida, ir kad Newton'o dėsniai pilnai galioja.

Po Clairaut'o, visa eilė matematikų paruošė savo teorijas. D'Alembert'as savo veikale „Recherches sur différents points importants du Système du Monde" ir vėliau savo „Mėnulio teorijoje" (Théorie de la Lune), išėjusioje 1751 metais, nagrinėjo Mėnulio problemą beveik tuo pačiu keliu, kaip Clairaut'as, tik nužengė toliau. Be to, d'Alembert'as įnešė daug matematinių patobulinimų.

Kiek nuošaliau stovi Euler'io darbai. Euler'is parašė net dvi Mėnulio teoriji, pasirinkdamas skirtingus metodus. Matyt, jo dėta didelių pastangų atsiekti tikslą, bet ir pats Euler'is, sprendžiant iš jo padarytų pastabų, liko nepatenkintas nė viena tų dviejų teorijų. Savo laiku Euler'io ty-

rinėjimai nepadarė didelio įspūdžio matematikams. Tai buvo be reikalo, nes Euler'io žinome visą eilę metodų, kurie vėliau buvo labai vaisingai išplėtoti.

Naują erą, ne tik Mėnulio teorijoje, bet ir visoje dinaminėje astronomijoje pradėjo L a p l a c e'o „Mécanique Céleste" (Dangaus Mechanika), paskelbta 1794—1825 metų laikotarpy. Sunku būtų čia keliais žodžiais įvertinti šito veikalo reikšmę. Užtenka pasakyti, kad pats „dangaus mechanikos", kaip atskiros disciplinos, vardas kilo nuo tos antraštės. Didelis Laplace'o nuopelnas buvo tas, kad jis sugebėjo sujungti visą eilę astronomijos klausimų į vieną sistemą ir gvildeno juos tikrai „meistriškai". Savo veikale Laplace'as suglaudė viską, kas iki jo buvo padaryta.

Nors Laplace'as padarė daug atradimų Mėnulio teorijoje, tačiau jo pasirinktas bendras metodas buvo ne per geriausias. Laplace'o poveikis buvo toks didelis, jog daug matematikų per ištisus dešimtmečius aklai jo laikėsi, besistengdami praplėsti mokslą Šitas periodas Mėnulio teorijos istorijoje nepasižymi vaisingumu, kas vaizdžiai parodo, jog autoritetas moksle gali būti žalingas. Vis tik reikia konstatuoti, kad su Laplace'u Mėnulio teorija galutinai „atsistojo ant kojų".

Palyginus su senovišku pliku empirizmu, analizinė Mėnulio teorija padarė milžinišką šuolį priekin. Ji leido daug giliau įžvelgt į patį Mėnulio judėjimą. Visi spėjimai dėl Mėnulio judėjimo pasidarė nepalyginamai tikslesni negu pirmiau. Pirmas svarbus Saulės užtemimas, kuris buvo tiksliai suskaičiuotas iš anksto. įvyko 1842 m. Liepos mėn. 8 d. Užtemimo zona ėjo beveik per visą Europą nuo pietų Prancūzijos iki Vidurinės Rusijos. Visa tų laikų šviesuomenė buvo pasiruošusi sutikti retą gamtos reiškinį. Į užtemimo zoną važiavo įvairių kraštų mokslininkai. Puikus sutapimas matematikos skaičiavimų su stebėjimo daviniais sukėlė didelį susidomėjimą ir entuziazmą visame pasauly. Nuo to laiko Saulės užtemimai pamažu nustojo veikti žmonių mases. Reikia tik turėti galvoje, koki panika, kokie gandai kildavo seniau po Saulės užtemimo! Dabar, kaip žinome iš patyrimo, užtemimai praeina visai ramiai.

Analizinei Mėnulio teorijai atsiradus, astronominių stebėjimų uždavinys žymiai pasikeitė. Iki tol reikėjo stebėti v i s a s Mėnulio judėjimas su visomis jo savybėmis. O dabar pasiliko tik kelių k o n s t a n t ų nustatymas. Visi kiti stebėjimai daromi teorijai patikrinti. Kad išaiškintume, kas yra judėjimo konstanta. paimkime paprastesnį pavyzdį — planetos judėjimą keplerišku elipsiu (neperturbuota).

Jei sakome. kad planeta juda keplerišku elipsiu, tai tas dar nenusako pilnai planetos judėjimo, nes kelpleriškų elipsių yra be galo daug. Kiekvienam tokiam elipsiui nustatyti reikia šešių davinių — šešių kepleriško judėjimo konstantų, kurios yra šios:

1) a — „didžioji pusiau-ašis", nurodanti elipsio dydį;
2) e — „ekscentricitetas", nurodąs, kiek skiriasi elipsis savo išvaizda nuo apskritimo;
3) i — „inklinacija", — tai yra kampas tarp duotojo elipsio plokštumos ir Žemės tako plokštumos;
4) Ω — „kylančiojo mazgo ilgis". nurodąs, kurion pusėn pakrypo elipsio plokštuma Žemės kelio atžvilgiu;

5) $\tilde{\omega}$ — „perihelio ilgis", nurodąs kryptį, kur planeta labiausiai prisiartina prie Saulės.

6) ε —„epocha", nurodanti planetos vietą, turimą tam tikru laiku. Dvi konstantos i ir Ω nustato plokštumą, kurioje yra planetos kelias; dvi konstantos a ir e nustato kelio dydį ir formą: konstanta $\tilde{\omega}$ nurodo to kelio būklę anksčiau nurodytoje plokštumoje, ir, pagaliau. konstanta ε nustato planetos judėjimą pačiame kely.

„Trijų kūnų" problemoje judėjimo konstantų skaičius yra didesnis, — iš viso 18. Visai „trijų kūnų" problemai apibūdinti reikia dar žinoti tų trijų kūnų masės. Tokiu būdu gauname iš viso 21 nežinomąjį. Tačiau einant tam tikrais protavimais, šitas nežinomųjų skaičius gali būti sumažintas net ir bet kuriuo atveju. O imdami daug siauresnį uždavinį, būtent, Mėnulio judėjimą, matome, jog čia trijų kūnų problema yra (dirbtiniu būdu) žymiai suprastinta. Klausimas dėl Saulės ir Žemės padėjimų liko nuošaliai, ir turime nagrinėti tiktai Mėnulio judėjimą tų dviejų kūnų poveiky. Šiaip ar taip, iš viso lieka tiktai 6 judėjimo konstantos. Prie šitų nežinomųjų reikia dar pridėti—Žemės, Mėnulio ir Saulės masių santykius. Šitie daviniai reikia susekti stebėjimo būdu; o visos kitos Mėnulio judėjimo savybės turi išeiti iš teorijos, kaipo būtina išvada. Išskyrus netikslumus, su kuriais yra gaunamos konstantos, mažiausias nesąryšis tarp stebėjimų iš vieno šono ir teorijos—iš kito, turi rodyti teorijos trūkumus.

Konstantos, vartojamos Mėnulio teorijoj įvairių tyrinėtojų yra įvairios. Bendrai imant, jos kiek primena anas kepleriško judėjimo konstantas, nors, aišku, negali sutapti su pastarosiomis.

Teoriškai kalbant, šešioms konstantoms nustatyti pakaktų trijų stebėjimų. Tačiau toks „būdas" niekada nebuvo, ir negalėjo buti praktikuojamas, nes pavieniai stebėjimai nėra pakankamai tikslūs. Kad gautum tikslius rezultatus, reikia išnagrinėti gausinga stebėjimo medžiaga. Tokia svarbi konstanta, kaip, pavyzdžiui, vidutinis sinodinio mėnesio ilgis yra nustatoma, atsižvelgiant net į senoviškus stebėjimus. Kiekvienos konstantos nustatymas turi savo kelią ir savo istoriją.

Reikia pabrėžti, kad tomis j u d ė j i m o k o n s t a n t o m i s, stebėjimo uždavinys dar nėra išsemtas. Reikia dar žinoti bendrą Žemės ir Mėnulio masę palyginus su Saulės mase. Kadangi šiam nežinomam tiksliai nustatyti nėra kitokios priemonės, išskyrus patį Mėnulio judėjimą, tai Mėnulio teorijoje atsiranda dar vienas nežinomasis.

Mėnulio teorijoje taip pat reikia tiksliai žinoti Žemės atstumas nuo Saulės. Galima eiti atbulai, būtent— nustatyti tas atstumas iš Mėnulio judėjimo. Tokiu būdu vėl atsiranda naujas nežinomasis. Kad surastum šitą nežinomąjį, turime nagrinėti vieną labai charakteringą Mėnulio nelygybę, kuri čia dar nebuvo minėta. Kadangi Žemės atstumo nuo Saulės nustatymas yra tolygus Saulės paralakso nustatymui, tai toji ypatinga nelygybė vadinasi „paralaktine nelygybe". Ji pasireiškia tuo, kad Mėnulio kelias erdvėje yra kiek paslinkęs Saulės link. Todėl, vidutiškai imant, pilnas Mėnulis (pilnatis) prieina arčiau prie Žemės, negu jaunas. Jei paralaktinė nelygybė yra ištirta, tai Saulės paralaksas gali būti nustatytas labai tiksliai. Eidamas šiuo keliu S p e n c e r J o n e s 1924 metais gavo Saulės para-

lakso reikšmę lygią 8", 805 ± 0",005. Tai yra vienas geriausiu davinių šiuo klausimu.

Nors analizinėMėnulio teorija atsiekė labai daug, tačiau negalima nutylėti ir jos trukumų, kurie reiškiasi iki šiol. Teorijos tikslumas dažnai nėra pakankamas, net ir atsižvelgiant į stebėjimų netikslumus.

Matematinės problemos formulavimas niekada nebūna tobulas, nes sunku iš karto priimti domėn visas aplinkybes, kuriose vyksta Mėnulio judėjimas. Be to, grynos matematikos atžvilgiu pasireiškia daug spragų ir neaiškumų. Visos tos „bėdos" liečia ne tik Mėnulio teoriją, bet visą dangaus mechaniką. Todėl šiame straipsny netenka jos plačiai nagrinėti.

Mėnulio judėjimas matematiškai yra formuluotas pavidalu diferencialinių lygčių sistemos, kuri įvairių autorių atrodo labai įvairi. Paprasčiausia tų lygčių forma yra

$$\frac{d^2x}{dt^2}+\frac{\mu x}{r^3}=R'_x; \quad \frac{d^2y}{dt^2}+\frac{\mu y}{r^3}=R'_y; \quad \frac{d^2z}{dt^2}+\frac{\mu z}{r^3}=R'_z$$

čia x, y, z yra Mėnulio koordinatos, imant Žemę kaip koordinatų pradžią, t — laikas; r atstumas Mėnulio nuo Žemės; μ — bendra Žemės ir Mėnulio masė; pagaliau R, — vadinamoji „perturbacijų funkcija", yra lygi

$$R=m\left(\frac{1}{\Delta}-\frac{x\xi+y\eta+z\zeta}{\rho^3}\right)$$

o čionai m yra Saulės masė; Δ — Mėnulio atstumas nuo Saulės; ρ — Žemės atstumas nuo Saulės; ξ, η, ζ yra Saulės koordinatos toj pat koordinatų sistemoj, kaip x, y, z. Šitaip užrašytos lygtys sprendimui netinka. Reikia jos tam tikrais būdais pakeisti. Kartu su tuo formulos darosi labai painios. Kai kurių autorių vien tik šitų lygčių užrašymas kartais apima keliašdešimtį didelių puslapių ir net daugiau.

Diferencialinės lygtys nieko nesako, kur ir kada randasi Mėnulis; jos tiktai nurodo, kaip keičiasi Mėnulio būklė Saulės ir Žemės poveikiu. Maža to; tos lygtys nėra skirtos vien tik Mėnuliui: jos galimos pritaikyti kiekvienam bet kurios planetos palydovui.

Kad gautume konkretų problemos išsprendimą, reikia tos lygtys i n t e g r u o t i, arba, konkrečiai sakant, surasti formulos, kurių pagelba galima būtų suskaičiuoti Mėnulio vieta erdvėje bet kuriai akimirkai. Aišku, kad tam tikslui reikia nustatyti judėjimo konstantos. Diferencialinių lygčių integravimas visada veda prie konstantų įvedimo.

Bet čia galima eiti dviem keliais. Vienu atveju galime įvesti judėjimo konstantas kaipo nežinomus dydžius, ir išreikšti jas algebros simboliais — raidėmis. Tuomet gauname a l g e b r i n ę M ė n u l i o t e o r i j ą. Tokiai teorijai sudaryti reikia padėti labai daug darbo, bet užtat rezultatas gali būti lengvai tvarkomas stebėjimo daviniais. Be to, algebrinės Mėnulio teorijos formulos gali būti taikomos ne tik Mėnuliui, bet ir kitiems planetų palydovams.

Kitu atveju judėjimo konstantos įvedamos, kaipo žinomi skaičiai, dar integravimo metu. Tokia Mėnulio teorija vadinama n u m e r i n e. Ji reikalauja mažiau darbo, kaip algebrinė teorija. Ji iš karto duoda formulas, tinkamas skaičiavimui, bet už tai ji visai priklauso nuo stebėjimo davinių. Jei laiko bėgyje pasirodo, kad panaudotos konstantų reikšmės nėra pakankamai tikslios, tai visas darbas — visi išvedžiojimai reikia tai-

syti nuo pat pradžios. Tais pačiais atvejais, algebrinės teorijos daviniai galima ištaisyti kur kas lengviau ir greičiau.

Gavus lygčių sprendinį (sprendimo išdavą) ir įvedus šiokiu ar tokiu būdu konstantų reikšmes, reikia pritaikyti sprendinys skaičiavimui. Šiuo tikslu yra sudaromos Mėnulio tabėlės (lentelės). Paskutinis darbo etapas yra Mėnulio efemeridos; tai yra tartum dangaus tvarkaraštis, kuris paduoda Mėnulio vietą danguje atskiriems momentams. Efemeridų sudarymas yra jau ne dangaus mechanikos, o sferinės astronomijos dalykas, kuris jokių teorinių sunkenybių nesudaro. Sunkiausia darbo dalis — diferencialinių lygčių sprendimas iki šiolei dar nėra patenkinamai atliktas.

Matematinėje analizėje yra viena labai svarbi teorema, kurią pirmas įrodė garsus prancuzų matematikas Cauchy. Einant šiąja teorema, kiekvienos (analizinai išreikštos) diferencialinės lygtys turi sprendinius; kitaip sakant, yra tokios funkcijos, kurios patenkina duotąsias lygtis. Atsižvelgiant į Mėnulio teorijos lygtis, galima tuojau pažinti tam tikras savybes, kurias privalo turėti tų lygčių sprendinys. Iš karto žinome, kad sprendinys yra tolydinės funkcijos, turinčios begalinę eilę išvestinių ir t. t.

Šita teorinė išvada iš karto atrodo labai džiūginanti, o tikrumoje ji nieko neduoda. Analizinės funkcijos sąvoka yra labai plati. Iš viso to, ką nusako Cauchy'o teorema, astronomas negali padaryti daug konkrečių išvadų. Astronomijos atžvilgiu žiūrint, jau tas faktas, kad Mėnulis tvarkingai juda erdvėje, o nestovi vienoje vietoje ir nešokinėja staigiais šuoliais, rodo, kad atatinkamos diferencialinės lygtys privalo turėti analizinį sprendinį. Jei lygtys sprendinių neturėtų, tai „atsakomybė" už tai tektų joms — lygtims, o ne Mėnuliui. Todėl Cauchy'o teorema tiktai atsako principinį klausimą: „Ar galima spręsti Mėnulio problema diferencianėmis lygtimis?" Atsakymas yra teigiamas; tačiau skaudžiai apsiviltų kiekvienas, kas pamanytų, kad tas atsakymas jau atneša su savimi problemos išsprendimą.

Jau buvo sakyta, kad diferencialinių lygčių integravimas, konkrečiai imant, yra tam tikros formulos suradimas. Formula nurodo, kokie veiksmai reikia atlikti su duotais (žinomais) skaičiais, kad gautum ieškomuosius. Įstačius į tinkamą formulą laiko datą, ir atlikus nurodytus veiksmus, gautume Mėnulio koordinatas, tam tikrus skaičius, nurodančius Mėnulio būklę erdvėje.

Paprasčiausios formulos yra tokios, į kurias įeina tiktai algebros veiksmai. Tai yra algebrinės formulos. Tolesnį žingsnį sudaro trigonometrinės formulos. Kartu su algebrinėmis formulomis jos yra plačiai vartojamos matematikoje bei jos pritaikymuose. Ankstybesni tyrinėtojai bandė išspręsti Mėnulio problemą tokių elementarinių formulų pagelba ,bet pasisekimo neturėjo.

Klasikiškame veikale apie Trijų Kūnų Problemą prancuzų matematikas Lagrange'as (1736 — 1813) nurodė keletą ypatingų atvejų, kuriuose pavyksta išspręsti problema elementariniu būdu. Nuo to laiko iki šiol jokių kitų panašios rūšies atvejų nebuvo rasta. Maža to: Bruns'as įrodė, kad, išskyrus Lagrange'o sudarytus atvejus, trijų kūnų problema negali būti išspręsta algebriniais reiškiniais. Vėliau Poincaré išplėtė Bruns'o teoremą, nurodydamas dar platesnę negalimybių sritį. Ne tik ele-

mentarinės formulos, bet ir ištisos klasės labai sudėtingų, nepabaigiamų reiškinių, negalėtų atsiekti tikslo.

Jau matėme, kad Mėnulio problema yra savo pagrinde „apkarpyta“ trijų kūnų problema. Visos išvados, kurias gavo Bruns‘as ir Poincaré, pilnai jai tinka. Žinome, kad problemos sprendiniai yra kai kurios funkcijos. Bet taip pat žinome, kad tos funkcijos negali būti išreikštos paprastu būdu. Jei ir pavyksta išreikšti tokią funkciją visai tiksliai, tai gautas reiškinys išeina nepaprastai painus ir, be to, dar jis galioja labai trumpam laikotarpiui. Toks reiškinys leidžia suskaičiuoti Mėnulio būklę tik tam laikotarpiu; jei koks momentas išeina iš to laikotarpio (pasitaiko vėliau ar anksčiau), tai formula duoda klaidingą atsakymą Aišku, kad toks išsprendimo metodas astronomijos tikslams netinka.

Todėl, užuot ieškojus tikslaus problemos išsprendimo, ieškoma apytikrių formulų, kurios bent šiek tiek patenkina astronomijos reikalavimus. Jau nuo pat Mėnulio teorijos atsiradimo buvo mėginama išreikšti Mėnulio judėjimą trigonometriškomis eilutėmis, kurių atskiri nariai gali turėti įvairius periodus. Tokios komplikuotos eilutės nėra gerai ištirtos; jų vartojimas kartais būna nepakankamai pamatuotas matematikai. Bet, neturint kitokių priemonių, jos tenka vartoti, jei ne kaip absoliučiai tikslūs matematiški reiškiniai, tai bent kaip apytikrės formulos, duodančios pakankamai tikslų atsakymą.

Matematikas, dirbąs Mėnulio teorijoje, turi maža vilties surasti tikslų problemos sprendinį. Tokios pastangos paprastai tik laiką gaišina. Todėl reikia ieškoti metodas, kuris duotų greit ir lengvai apytikrį sprendinį. Iš pradžių reikia surasti vadinamoji „intermediatinė“ orbita, kuri atvaizduoja tikrąją orbitą, tik labai stambiais bruožais Paskui ieškoma įvairių pataisų bei papildymų, kurie pamažu „užkiša“ visas teorijos spragas. Atskiri autoriai atlieka šitą kelią įvairiais būdais.

Jau buvo minimos kai kurios ankstyvesnės Mėnulio teorijos. Teorijos sėkmė pareina ne tik nuo jos matematiškų vertybių, bet taip pat nuo lengvumo, kuriuo ji gali būti pritaikyta konkrečiam astronominiam stebėjimui. Pirmą sėkmingą teorijos pritaikymą atliko T o b i a s M a y e r‘is. Jisai pasinaudojo Euler‘io teorija, išplėtojo ją ir 1753 metais sudarė „Mėnulio lenteles“, kurios savo laiku turėjo didelį pasisekimą astronomuose ir jūrininkuose. Tai galima matyti iš to, kad anglų valdžia paskyrė už tą darbą gana didelę premiją (3000 svarų), kuri buvo sumokėta Mayer‘io našlei, nes pats „lentelių“ autorius mirė gana jaunas. Mayer‘io „lentelės“ buvo dar gana ilgą laiką vartojamos astronomų ir jūrininkų. Vėliau atsirado daug kitų „Mėnulio lentelių“, kilusių dažniausiai iš Laplace‘o teorijos. Beveik visi šitie veikalai turi tiktai istorinės reikšmės.

Iš daugelio „Mėnulio teorijų“, atsiradusių po Laplace‘o laikų, didelio pasisekimo turėjo trys, būtent:

1) D e l a u n a y‘o teorija,
2) H a n s e n‘o teorija ir
3) B r o w n‘o teorija.

D e l a u n a y savo teorijos pradžioje laikinai leidžia, kad Mėnulio orbita yra pastovus elipsis. Toks apytikris sprendinys yra įstatomas į diferencialines judėjimo lygtis, ir iš jų ieškoma pataisų, kurios yra surandamos apytikriai ir vėl įstatomos į diferencialines lygtis. Paskui vėl daroma

panašiu būdu. Visas šitas procesas yra taip sugalvotas, kad lygčių forma daugelių atžvilgių pasilieka visą laiką ta pati. Čia Delaunay seka bendrą metodą, vadinamąjį „kanoniškų pakeitimų metodą", kurį išdirbo visa eilė matematikų: jų tarpe Jacobis ir Hamilton'as. Dėka tokiam sutvarkymui, galvojimo darbas yra suvestas iki minimumo, bet užtai algebriniai skaičiavimai yra neapsakomai ilgi ir nuobodūs. Delaunay paskelbė savo teoriją Prancuzų Mokslo Akademijos Raštuose 1860 — 1867 metais. Du didžiuliu tomu (883 + 931 puslapių) pripildyti ilgiausiomis foumulomis. Kur-ne-kur tik viena formula nusetęsus per ištisus šimtus puslapių. Reikia stebėtis dar tuo, kad šitokį darbą, primenantį sunkiųjų darbų kalėjimą, Delaunay atliko pats vienas, nesisamdydamas jokių padėjėjų. Tokiu būdu jam teko sėdėti prie šitų skaičiavimų su viršum 20 metų!

Delaunay mirė, palikdamas savo darbą nepritaikytą Mėnulio stebėjimui: jo teorija buvo grynai „algebrinio" tipo; ji taip ir pasiliko ilgų formulų pavidalu. Pritaikymo darbą, bent iš dalies, atliko Newcomb'as. Nors teorija, kurią sukūrė Delaunay, yra baisiai apsunkinta „juodu darbu" ilgiausių elementarinių skaičiavimų pavidale, tačiau matematiniu atžvilgiu ji vis tiek yra įdomi. Pavyzdžiui, kada išsiplėtojo atomų mechanika, tai fizikai, taikydami dangaus mechaniką atomams, gavo daug svarbių išvadų Delaunay'o metodo pagelba.

Hansen'o teorija, paskelbtoji 1858—1864 mentų laikotarpy, pasižymi dideliu savotiškumu. Teorija atrodo gana sudėtinga matematikos atžvilgiu; apskritai, ji sulaukė maža pasekėjų. Hansen'as sugebėjo privesti teoriją iki galo, išleido „Mėnulio lenteles" ir jas patikrino. Toks pasisekimas parėjo labiausiai dėl to, kad Hansen'o teorija yra grynai „numerinio tipo", — lengvai įvykdoma, bet sunkiai taisoma. Hansen'o teorija buvo plačiai vartojama (su atskiromis pataisomis) visuose astronomijos kalendoriuose, kol jos neišstūmė Brown'o teoriją.

Brown'o teorija yra žinoma įvairiais vardais. Kai kas vadina ją „Hill'io ir Brown'o teorija". O pats jos autorius sugalvojo jai vardą: „stačiakampių koordinatų metodas". Šios teorijos pagrindų reikia ieškoti ankstybesnių tyrinėtojų darbuose. Ypatingos reikšmės turi vadinamoji „antra Euler'io teorija", paskelbta 1772 metais vardu „Theoria Motuum Lunae, nova methodo pertractata una cum Tabulis astronomicis unde et quodvis tempus Loca Lunae expedite computari possunt,..." Šitas veikalas, laikui bėgant, pasiliko tarytum visai užmirštas. Neigiamą vaidmenį čia suvaidino garsaus Laplace'o autoritetas, kuris pasirinko visai kitokį metodą.

Bet 1877 metais Amerikos Jungtinių Valstybių astronomas G. W. Hill'is parašė du nedideliu straipsniu: „Researches in the Lunar Theory" ir „On the Part of the Motion of the Lunar Perigee which is a function of the Mean Motions of the Sun and Moon". Abudu straipsniu pasižymi nepaprastu orginalumu ir turiningumu. Vėliau E. W. Brown'as išplėtė Hill'io mintis į visą teoriją, kurią vaisingai privedė iki galo.

Teorija prasideda nustatant vadinamąją „Hill'io orbitą". Tai yra savotiška „intermediatinė" orbita, mažai panaši į tikrąją Mėnulio kelią. „Hill'io orbita" yra apytikris problemos sprendinys, bet ji yra matematiškai tiksli, nes pilnai patenkina diferencialines lygtis. Dėl tos priežasties ji galima tiksliai išreikšti paprastomis trigonometrinėmis eilutėmis (vadinamomis „Fourier'o eilutėmis"). Todėl tolesni išvedžiojimai vyksta, paly-

ginti, lengvai. Matematinio tyrinėjimo eigoje greit atsiranda visos savybės, kurias turi tikras Mėnulio kelias: eliptiškumas, perigejo judėjimas ir p. Teorija naudojasi įvairiais pagelbiniais metodais, kurių tarpe žymią vietą užima begaliniai determinantai ir begalinės kvadratiškos formos. Trigonometrinės eilutės yra nuolat paverčiamos laipsninėmis eilutėmis (ir atvirkščiai) komplektinių skaičių pagelba. Bendrai imant, Brown'o teorija atsiekia tikslą daug greičiau ir pilniau už kitas teorijas. Tačiau reikia pripažinti, kad, nepaisant visų tų patobulinimų, matematinė Mėnulio teorija pasilieka ir dabar labai paini bei griozdiška.

Jei ir pavyktų pilnai išspręsti anksčiau paduotas diferencialines lygtis, tai tuo dar toli gražu nebūtų išspręsta visa astronominė Mėnulio problema, nes tos lygtys neapima problemos visoje pilnumoje. Kaip jau buvo minėta, pati Mėnulio problema, prieš sustatant judėjimo lygtis, buvo dirbtiniu būdu suprastinta. Todėl Mėnulio judėjimo tyrimas reikia vesti dviem kryptim: 1) tobulinant matematinį lygčių sprendimą ir 2) priimant domėn visas aplinkybes, į kurias anksčiau nebuvo atsižvelgta. Nėra prasmės gilintis į vieną šių dviejų krypčių, nepaisant kitos.

Kokia Mėnulio teorija bebūtų, ji pradžioje nagrinėja Mėnulio judėjimą vien tiktai Saulės ir Žemės poveiky. Matematinė „Trijų Kūnų Problema" yra Mėnulio teorijos branduolys. Toliau reikia skaitytis su planetų poveikiu, kuris būna tiesioginis ir netiesioginis.

Mėnulio perturbacija vadinasi tiesioginė, jei planeta sukelia tą perturbaciją, veikdama Mėnulį betarpiškai. Netiesioginės perturbacijos atsiranda, kada bet kuri planeta veikia Žemę; Žemės orbita pasikeičia, o tai atsiliepia Mėnuliui. Netiesioginės perturbacijos yra plačiai žinomos dangaus mechanikoje. Nuostabu, kad jos savo didumu dažnai prašoka tiesiogines perturbacijas.

Iš visų planetų labiausiai veikia Mėnulį Venera: ji sukelia gana žymią perturbaciją, kuri atsikartoja periodiškai 271 metų bėgyje. Paprastai priimta skirstyti visas perturbacijas į periodines ir sekularines (amžinas). Periodinės perturbacijos pasireiškia laikinai. Mėnulio ar šiaip kokio dangaus kūno orbita pasikeičia; paskui, atatinkamam laikotarpiui praslinkus, vėl atsitaiso. Sekularinės perturbacijos vyksta nuolat vienoda kryptimi: laikui bėgant jos gali sukelti milžiniškas atmainas. Todėl kosmogonijos atžvilgiu jos yra itin reikšmingos. Dangaus mechanikos šviesoje pasirodo, kad Saulės sistemoje savitarpis dangaus kūnų veikimas (jei tiktai nagrinėsime tuos kūnus, kaip materialinius taškus) sukelia tiktai periodines perturbacijas. Sekularinės perturbacijos tikrumoje esančios taip pat periodinės, tik su labai ilgais periodais.

Ypatingo dėmesio yra vertas vadinamas „sekularinis Mėnulio greitėjimas". Dar 1693 metais H a l l e y'jis, tyrinėdamas senoviškus Saulės užtemimus, surado, kad Mėnulis, laikui bėgant, vis greičiau ir greičiau juda danguje; kitaip sakant, mėnesio ilgis eina vis trumpyn. Per vieną šimtmetį Mėnulis „užbėga pirmyn" danguje 10", 3, per du šimtu metų — keturisyk tiek (apie 40"), per tris šimtus — apie 90" ir t.t. Kadangi mėnesio ilgis yra surištas su Mėnulio atstumu nuo Žemės, tai iš čia eina, kad Mėnulis pamažu eina artyn prie Žemės. Tiesa, tas artėjimas yra labai lėtas: per metus Mėnulis vidutiniškai prisiartina apie 4 cm! Tačiau, jei „se-

kularinis greitėjimas" tikrai būtų sekularinis, tai kad ir labai tolimoje ateityje, Mėnulis turėtų „atsisėsti" ant Žemės.

Tariamąjį „sekularinį Mėnulio greitėjimą" išaiškino Laplace'as. Įvairių planetų veikimas pakeičia Žemės orbitą; tarp kit ko jos ekscentricitetas dabar eina mažyn. Žemės orbita darosi vis apvalesnė — vis labiau panaši į apskritimą. Šitas reiškinys yra toks lėtas, toks nežymus, kad apie jį yra žinoma tiktai iš matematinių išvedžiojimų: pastebėti tiesiog būtų labai sunku. Tačiau šita Žemės perturbacija atsiliepia Mėnuliui, ir Mėnulis pastebimai pagreitina savo bėgį. Čia yra geras pavyzdys reiškinio, kada netiesioginė perturbacija yra daug ryškesnė už atatinkamą tiesioginę perturbaciją. Aprašytas Mėnulio „greitėjimas" nėra amžinas. Po 24000 metų Žemės orbitos ekscentricitetas pasieks savo minimumą ir po to vėl pradės eiti didyn, o tas procesas atsilieps Mėnuliui, varydamas jį tolyn nuo Žemės ir didindamas mėnesio ilgį.

Iki šiol buvo imta, kad Žemė ir Mėnulis yra rutuliai. To, kaip žinoma, nėra. Žemė savo išvaizda yra labiau panaši į elipsoidą; o Mėnulis yra visai asimetriškas. Dėl Žemės ir Mėnulio „nesferiškumo" kyla kai kurios perturbacijos. Beveik visos jos yra labai mažos.

Visi šitie reiškiniai buvo stropiai primti domėn įvairių tyrinėtojų, bet Mėnulio teorija iki šiol dar nevisai gerai sutampa su stebėjimais. Brown'o teorija buvo užbaigta 1910 metais, o jau neužilgo po to pasirodė, kad Mėnulis nukrypsta nuo savo „teorinio" tako kelias lanko sekundes. Toks skirtumas yra mažas, tačiau neleistinas. Buvo ištirti Mėnulio stebėjimai, atlikti įvairiose vietose dviejų paskutinių šimtmečių bėgyje. Lyginant tai su dabartinės teorijos daviniais, pasirodė, kad Mėnulio judėjime laikas nuo laiko reiškiasi netaisyklingos „fluktuacijos". Kilo mintis, kad „kaltas" yra ne Mėnulis, o Žemė, kuri nevienodai sukasi ir tokiu būdu suteikia klaidingą laiko matą.

Astronomiškas laikas yra nustatomas iš žvaigždžių. Aišku, kad jei Žemė sukasi nevienodai, tai ne tik Mėnulis, bet ir kiti dangaus kūnai, išskyrus žvaigždes, turėtų atrodyti judą danguje ne visai taisyklingai. Juo greičiau kūnas juda regimame dangaus skliaute, tuo aiškiau turi jis rodyti Žemės sukimosi nevienodumą.

B r o w n'as, I n n e s, D e S i t t e r'is ir kiti, išnagrinėję senus stebėjimo davinius, priėjo išvadą, kad, be Mėnulio, kiti dangaus kūnai, kaip, antai; Saulė, Merkuras ir Jupiterio palydovai rodo tokias pat „fluktuacijas", kaip ir Mėnulis, tiktai atatinkamai mažesniu laipsniu. Tokiu būdu Žemės sukimosi nevienodumas buvo įrodytas.

Kyla klausimas, kodėl Žemė sukasi nevienodai? Lengvai pavyksta, jei ne atsakyti į šį klausimą, tai bent nustumti jį į kitą sritį. Nėra abejonės, kad Žemės sukimosi energija labai mažai keičiasi. Ta energija pareina nuo Žemės sukimosi greitumo ir nuo Žemės „inercijos momento". Žemė pradeda suktis greičiau, jei „inercijos momentas" sumažėja, o tai įvyksta, jei sumažėjo ekvatorialinis Žemės radijus. Kitaip sakant, Žemė tokiais atvejais truputį susitraukia. Atvirkščiai: jei Žemė išsiplečia, „inercijos momentas" eina didyn, ir Žemė ima suktis lėčiau. Kad išaiškintum stebimą Žemės sukimosi nevienodumą, užtenka imti visai mažą Žemės radijaus atmainą: tiktai apie 10 cm. Toki atmaina yra pilnai įmanoma.

Dabar ateina klausimas: dėl ko Žemė tai išsiplečia, tai susitraukia? Priežasčių čia gali būti labai įvairių. Vieni tyrinėtojai (kaip, Brown'as) stengiasi surišti Žemės sukimosi nevienodumus su Žemės drebėjimais ir vulkanizmo reiškiniais. O kiti (kaip, Harvardo profesorius K i n g'as) priežastį nurodo esant Žemės magnetizmą. Magnetinės jėgos laikas nuo laiko keičiasi ir tai gali paveikti Žemės formą bei tūrį. Šiaip Žemės sukimosi atmainos atrodo labai netaisyklingos. Iš to galima spėti, kad turima reikalo su gana sudėtingu reiškiniu. Pilnai galimas dalykas, kad kiekviena pasiūlytų hipotezių yra iš dalies teisinga.

Su Mėnuliu dalinai yra surištas potvynių ir atoslūgių reiškinys. Šito reiškinio tyrinėjimai sudaro visai atskirą teoriją. Čia užtenka paminėti, kad potvyniai ir atoslūgiai veikia Žemės ir Mėnulio judėjimą. Potvynių ir atoslūgių bangos pamaži stabdo Žemės sukimąsi. Kadangi „akcija yra lygi reakcijai", tai tokios pat jėgos pavaro Mėnulį tolyn nuo Žemės. Tokiu būdu dėl potvynių ir atoslūgių paros ilgis eina didyn; taip pat didyn, nors mažiau, eina mėnesio ilgis. Šituodu reiškiniu yra maži, vos pastebimi; tačiau jie yra sekulariniai, — veikia nuolat tąja pačia kryptimi. Todėl potvynių ir atoslūgių teorija turi didelės reikšmės kosmogonijos problemoms.

Manoma, kad tolimoje praeityje Mėnulis buvo daug arčiau prie Žemės, kaip dabar. Paros ilgis taip pat buvęs trumpesnis. Besigilindami tokiu būdu į praeitį, pagaliaus prieisime tokius laikus, kada Mėnulis buvo atstume kelių tūkstančių kilometrų nuo Žemės. Mėnesio ilgis ir paros ilgis buvo tas pats, būtent, apie 4 valandas. Šiuo keliu prieisime hipotezę, kad Mėnulis esąs atskilęs nuo Žemės dar tais laikais, kada pastaroji buvo skystoj, arba dujų, būklėj. J e f f r e y s'o manymu, toks skilimas turėjęs įvykti apie 4 milijardus metų atgal.

Ateityje mėnesio ilgis ir paros ilgis eis didyn tol, kol vėl tuodu periodu nesusilygins; apskritai, jie bus lygūs 47 dabartinėms dienoms. Žemė suksis, visą laiką atkreipus vieną savo pusę į Mėnulį, visai panašiai, kaip ir Mėnulis. Tačiau pirm, negu ateis toks stovis, turi praslinkti daug didesnis laiko tarpas, negu viso ligšiolinio Žemės buvimo ilgis.

Pagaliau verta paminėti relatyvybės reikšmė Mėnulio teorijai. Kaip žinoma, relatyvybės teorija atmeta Newton'o traukos dėsnį, statydama jo vieton Einstein'o traukos dėsnį. Relatyvybės dėsniai žymiai nukrypsta nuo klasikiškų mechanikos dėsnių tik ten, kur pasireiškia dideli greitumai arba atstumai. Todėl relatyvybės teorija yra būtina atomų ir elektronų fizikoje (nes tie objektai skrieja labai greitai); taip pat ji būtina, sprendžiant kosmiškas problemas (nes ten reiškiasi dideli atstumai). Paprastose dangaus mechanikos problemose skirtumai tarp relatyvybinių ir klasikiškų dėsnių yra labai maži ir todėl galima gvildenti Einstein'o traukos dėsnį, kaipo mažą pataisą prie Newton'o dėsnių. Bendras tyrinėjimo planas pasilieka tas pats, kaip ir anksčiau.

Išeinant iš šitos pažvalgos, kartais sakoma, kad relatyvybė „sukelia perturbacijas", arba, kalbama apie perturbacijas „kilusias iš relatyvybės teorijos". Nesigilinant į panašių posakių tikslingumą, svarbu paminėti, kad visos tos „perturbacijos" yra labai mažos; be to, dar jos visos yra periodinės ir todėl negali atsiliepti į bendrą Saulės sistemos santvarką. Tokios „perturbacijos" yra įdomios, kaipo priemonė relatyvybės teorijai patikrinti; o pačios savaime jos nieko ypatingo nesudaro.

Iš įvairių relatyvybinių „perturbacijų“ pasidarė garsus, ypač Merkuro, perihelio judėjimas. Tai yra vienas svarbiausių argumentų relatyvybės teorijos naudai. Analogiška Mėnulio peturbacija yra visai maža, būtent, 0”,06 per šimtmetį. Apie tokio reiškinio stebėjimą negali būti ir kalbos.

Tačiau relatyvybės teorija nurodo dar kitokią Mėnulio „perturbaciją“. Būtent, perigėjas ir „mazgai“ turi judėti „1”,91 per šimtmetį. Kadangi perigėjas ir „mazgai“, kaip buvo minėta, ir. be to, gana smarkiai juda, tai į paduotąją reikšmę 1”,91 reikia žiūrėti, kaip į „priedą“ anksčiau žinomoms njutoniškoms perturbacijoms.

Šita relatyvybinė perturbacija vadinasi, einant S c h o u t e n‘u, „precesija neeuklidiškoje erdvėje“ ir turi didelės principinės reikšmės, nes nurodo „absolutinio sukimosi“ nebuvimą. Yra, žinoma, kad, jei koks kūnas sukasi, atsiranda išcentrinė jėga ir panašūs reiškiniai. Relatyvybės teorija nurodo, kad tokie reiškiniai pareina nuo materialinės aplinkos, kurioje randasi kūnas, „Visiškai tuščioje“ erdvėje išcentrinė jėga nėra įmanoma. Antraip vertus, kiekvienas masingas kūnas, skriesdamas su dideliu greitumu aplink kitą kūną, gali sukelti pastarajame išcentrinę jėgą ir kitus sukimosi padarinius. Šitos mintys, išreikštos M a c h‘o dar pereitame šimtmety, gavo relatyvybės teorijoje konkrečią formą.

Žemės ir Mėnulio sistema, keliaudama aplink Saulę, sukelia Saulėje nedidelį sukimosi „įspūdį“. Tokį pat reiškinį suteikia Saulė Žemei ir Mėnuliui. Iš tos priežasties pastarųjų dviejų kūnų sistema lėtai pasisuka tolimųjų žvaigždžių atžvilgiu. Kadangi Mėnulio vieta regimame dangaus skliaute yra nustatoma pagal žvaigždes, tai gaunama sakytoji „perturbacija“.

Šita „perturbacija“ yra žinoma tuo tarpu tiktai teorijoje. Nepakanmas Mėnulio teorijos tikslumas neleidžia atskirti jos nuo „newtoniškų“ perturbacijų. Tačiau ji nėra tiek maža, kad galėtų pasilikti ateityje ilgą laiką nepastebėta tiesioginiu empiriniu būdu.

Literatura.

1. R o b e r t G r a n t, History of Physical Astronomy, London 1852. (Labai pagrindinga astronomijos istorija nuo Newton'o iki XIX-jo šimtmečio pusės. Knygos pavadinimas neatatinka dabartinius terminus, nes ji gvildena ne „astrofizikos“, o „dinaminės astronomijos“ istoriją).
2. F. F. T i s s e r a n d, Traité de Mécanique Céleste. Paris 1889—1896. (Pagrindinis veikalas iš „Dangaus Mechanikos“. Mėnulio teorija nagrinėjama 3-me tome).
3. E. W. B r o w n, An Introductory Treatise on the Lunar Theory. Cambridge. 1896.
4. E. W. B r o w n, Theorie des Erdmondes, Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften. Band VI 2, 14. (Straipsnis matematikos enciklopedijoje su literaturos sąrašu).
5. E. W. B r o w n (Straipsnis apie Žemės sukimosi nevienodumą). Transactions of the Yale Observatory, Vol. III, 1926.
6. W. D e S i t t e r, (Straipsniai tuo pačiu klausimu). Bulletin of the astronomical Institutes of Netherlands, 1927.
7. W. D e S i t t e r, (Straipsniai apie relatyvybės reikšmę dangaus mechanikai). Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 76, p. 699—728 ir 77, p. 155—184. 1916.
8. F. K o t t l e r, Gravitation und Relativitätstheorie. Enzyklopädie der math. Wissenschaften, Band VI 2 B, Heft 1. (Apžvalginis straipsnis su pilnu literaturos sąrašu).
9. J. H o p m a n n, Die experimentelle Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie. Handbuch der Physik, Band XXI, Kapitel 17. (Gana plačiai referuoja apie relatyvybines „perturbacijas“ ir Žemės sukimosi nevienodumą).
10. A r t h u r B e r r y, A Short History of Astronomy. Cambridge 1898. Yra ir naujesnių išleidimų; taip pat rusiškas vertimas: A r t u r B e r r i, Kratkaja istorija astronomiji. Moskva 1904. (Istorinė klausimo apžvalga).

Naujos žvaigždės (Novae) ir kaip jos kyla.

Dr. A. Juška, Biržai.

Šį straipsnelį skiriu 60 metų amžiaus sulaukusiam Vytauto Didžiojo Universiteto Rektoriui ir buv. Švietimo Ministeriui prof. V. Čepinskiui, su kuriuo susitikimas ir vienose ir kitose jo pareigose man yra palikęs geriausių įspūdžių ir atsiminimų.

I. Naujųjų žvaigždžių apibūdinimas.

Praeities laikų mokslo klaidos ar netikslumai yra palikę savo pėdsakų to mokslo šių dienų terminuose. Pav., labai dažnai žvaigždžių regimojo ir absolutinio „didumo" astronominės sąvokos labai maža teturi bendra su tikruoju žvaigždžių didumu. Panašiai atsitiko ir su „naujomis" žvaigždėmis. Priešteleskopinių laikų astronomams staiga atsiradusios dangaus skliaute žvaigždės buvo iš tikrųjų naujos. O mūsų laikais jau žinome, kad kiekviena „naujoji" žvaigždė yra ekzistavusi ir anksčiau kaip maža teleskopinė žvaigždelė, o paskiau dėl kažkokių priežasčių staiga smarkiau sušvitusi.

Žvaigždžių šviesos nepastovumas yra kasdienis astronominio pasaulio reiškinys. Tų kintamųjų žvaigdžių yra labai daug ir jos studijuojamos, skirstomos į įvairias grupes, aiškinamos jų šviesos kitimo priežastys jau nebe nuo šios dienos. Paprastų kintamųjų žvaigždžių šviesa kinta pamažu ir daugiau arba mažiau taisyklingais periodais. Kitoniškos yra vad. naujosios žvaigždės: jų šviesa labai staigiai ir smarkiai pakyla, žvaigždė pasidaro dešimtis, šimtus ir net tūkstančius kartų šviesesnė, o paskui iš lėto vėl nuslūgsta, sukeldama pakeliui įvairių tos žvaigždės spektro atmainų.

Imant bendrais bruožais, šviesos pasikeitimas vyksta dažniausiai šiuo būdu. Per kelias dienas, o kartais net tik per kelias valandas, teleskopinio didumo (gryna akimi nematoma) žvaigždė staiga pasidaro viena šviesiųjų dangaus skliauto žvaigždžių. Maksimalinis šviesumas laikosi tik kelias dienas ir paskui svyruodamas ima slūgti ir po kelių mėnesių žvaigždė palieka tokia, kokia iš pradžių buvusi. Kartu keičiasi žvaigždės spalva, spektras. Maksimume žvaigždė atrodo balta, vėliau geltona ir, pagaliau, šviečia naujoms žvaigždėms charakteringa raudona šviesa. Jų tas raudonumas pareina ne tiek nuo ištisinio spektro raudonos dalies, kaip paprastųjų žvaigždžių, kiek nuo labai intensingų vandenilio raudonųjų emisijų linijų.

Spektriniu atžvilgiu skiriame tris pagrindines fazes. Pirmoji fazė yra šviesos kilimo. Ji retai tepastebima, nes naujoji žvaigždė atkreipia stebėtojų akį, paprastai, tik tada, kai jau yra nušvitusi. Paskutiniu šviesos didėjimo metu naujosios spektras yra ištisinis su stipriomis vandenilio, helio, kalcio ir geležies absorpcijos linijomis, kurios, be to, gerokai pasistūmėjusios į violetinę pusę.

Antroje stadijoje, kuri prasideda su šviesos maksimumu, naujoji turi ištisinį spektrą, nueinantį ligi ultravioletinių spindulių, pasižymintį dideliu intensingumu. Viršum jo galima pastebėti emisijos ir absorpcijos linijų bei kaspinų. Tipingi yra absopcijos kaspinai, ryškiai atrėžti nuo raudo-

nojo spektro šono, tuo tarpu emisijos kaspinai yra aprėžti nuo violetinio šono. Naujosios šviesumui einant silpnyn, silpsta ir jos spektras, ypačiai violetinė dalis, nyksta linijos.

Trečioji stadija prasideda atsiradus emisijos kaspinui ties banga λ 4680[1] ir vėliau ties emisijos linijomis λ 5007. 4959, 4363 ir kitomis, gulinčiomis toliau į violetinį spektro šoną. Kaspinų platumas esti ligi 40—50 A. V. Linijos yra tos pačios, kurias pastebime dujinių ūkų spektruose. Didieji teleskopai parodo, kad naujoji žvaigždė esti tuo metu apsiausta ūko, kurio skersmuo gali būti kelių sekundžių. Nors naujųjų žvaigždžių linijų spektras yra labai panašus į planetiškųjų ūkų spektrą, bet matyti ir skirtumas: naujųjų linijos yra praplėstos, ūkų — siauros ir ryškios.

Paskutinėj naujosios stadijoj spektre trūksta intesingų šviesių linijų. Iš emisijos linijų belieka vandenilio linijos ir λ 4688 ionizuoto helio linija. Bendras spektro įspūdis primena labai aukštos temperaturos spektrinio tipo O Wolff-Rayet'o žvaigždes. Kaip atrodo visiškai nurimusios žvaigždės spektras, gerai dar neištirta, nes tuomet žvaigždė būna tokia silpna, kad spektras esti nebeįžiūrimas.

Dauguma. spektro linijų yra gerokai pasislinkusios į violetinę spektro pusę. Aiškinant tą faktą Dopler'io principu išeitų, kad tas linijas emituojanti masė slenka į mus nepaprastai dideliu greitumu. Pavyzdžiui, naujosios vardu Nova Aquilae, stebėtos 1918 m., kalcio linijų H ir K paprastieji komponentai B ir C teikė tokį judėjimo greitį per sekundę:

1918 m. Birželio m.	10 d.	B — 2166 km.	C— 1407 km.
„	11 „	— 2176 „	— 1478 „
„	12 „	— 2194 „	— 1513 „

Ypačiai įdomus reiškinys buvo matyti 1901 m. Persejo naujojoj. Ankstybesnės tos 1901 m. Vasario mėn. Naujosios fotografijos rodo, kad ją supo netaisyklingi ūkai. Vėlesnių fotografijų palyginimas parodė nepaprastai greitą ūko išsiplėtimą radialine linkme. Ūko spindulys didėjo kas mėnuo, maž daug, po 1 minutę .Kadangi kalbamosios Naujosios paralakso matavimai yra parodę, kad ji yra labai tolima žvaigždė, tai toks ūkų plitimas, Seeliger'io ir Kapteyn'o manymu, turėtų būti ne realus, bet turėtų reikšti naujosios žvaigždės šviesos paplitimą ūke. Tariant, kad šviesa plinta greitumu 300.000 km. per sek.. galima suskaičiuoti tokio ūko su visa jo žvaigžde nuotolį.

Kaip didžiosios kometos, taip ir naujosios žvaigždės, seniau būdavo labai retas reiškinys. Pirma tikra naujoji žvaigždė buvo stebėta 1572 metais. Ligi 1912 m. pastebėta 31 naujos žvaigždės. Fotometriniu ir spektroskopiniu atžvilgiu susidomėjus ir mažesnėmis bei tolimesnėmis naujomis žvaigždėmis, pasirodė, kad jos nėra taip retas reiškinys. Dabar kasmet stebima po vieną dvi nauji žvaigždi Pažymėsime naujųjų žvaigždžių nuo stabiausias.

1572. m. Nova Cassiopeiae yra stebėjęs Tycho de Brahe. Ji buvo taip šviesi, jog pralenkė visas kitas žvaigždes. Regimasis jos didumas buvo

[1] Spektro šviesius ar tamsius siaurus ruožus vadiname linijomis, plačius — kaspinais. Spektro linija atatinka šviesos bangos tam tikrą ilgį, kuris dabar įprasta matuoti Angstrom'o vienetais (A. V.). Angstrom'o vienetas yra dešimtmilijoninė milimetro dalis .

pasiekęs net —4 didumą; Kepler'io stebėtoji Nova Serpentarii 1604 m. buvo pasiekusi —2 ir Nova Aquilae 1918 — 0,5 didumo. 1901 m. Vasario m. 22 d. Anderson'as pastebėjo Nova Persei, kai ji jau buvo —2,7 didumo. Tuo tarpu fotografijoj, gautoj prieš 28 valandas, dar nebuvo tos žvaigždės nė pėdsako. Vasario 23 d. ji buvo šviesiausia šiaurinio dangaus žvaigždė (maž daug, nulinio didumo), Vasario m. 25 d. — 1 did., 27 d. — 2 did., Kovo m. 6 d. — 3 did., 18 d. 4 did., Kovo m. 18-19dieną jos šviesa stagiai sumažėjo viena klase ir paskui staigiai vėl pakilo 1,5 klasės. Toliau šviesa periodiškai ėjo mažyn. Spalių m. ji tebuvo 7 didumo, 1902 m. Balandžio m. 9 didumo, o gale tų metų nurimo kaip 12 didumo žvaigždė.

Baigiant būdinti naująsias žvaigždes, reikia dar pažymėti, kad jų visų absolutinis maksimalinis šviesumas, tariant, didumas, yra kone vienodas, pagal Lundmark'ą —6 ligi —7 did. Tuo būdu naujosios žvaigždės maksimume turėtų spindėti nuo 25000 ligi 60000 kartų smarkiau kaip Saulė, nes ji tėra +5 absol. didumo žvaigždė. Tuo būdu naujosios priklausytų prie pačių šviesiųjų žvaigždžių, kurios per vieną minutę išspinduliuoja tiek energijos, kiek duotų sudegdami ugny 12 Žemės didumo antracito kamuolių! Trumpai, ir Russel'io, ir Dugan'o, ir Stewart'o žodžiais tariant, „yra aišku, kad naujosios žvaigždės eksplozija savo dydžiu prašoka bet kurią žinomą fizinę katastrofą".

Tai katastrofai išaiškinti astronomijos istorija yra užregistravusi gana didelį skaičių visokių teorijų, kurias naujų laikų stebėjimo rezultatai yra sugriovę. Naujos žvaigždės kilmei išaiškinti neužtenka gęstančios žvaigždės erupcijų, susidūrimų su planetiškais kūnais, žvaigždės įėjimo į difuzinius ūkus. Kita vertus ir naujųjų laikų teorijoms nelengva išaiškinti visi šviesos ir spektro kitimo fenomenai. Mes sustosime tik ties keliomis patvaresnėmis ir plataus pripažinimo susilaukusiomis teorijomis.

II. Naujųjų žvaigždžių kilimo teorijos.

Naujųjų žvaigždžių teorijos gali būti suskirstytos į tris rūšis pagal tariamą suskirstymo priežastį. Toji priežastis gali būti trejopa: žvaigždė galinti patekt į kosminių dujų ar dulkių debesyną ir nuo trinties įkaisti; žvaigždės gali praeiti viena arti antros, arba net visiškai susidurti ir sukelti katastrofą, arba, pagaliau, pačioje žvaigždėje galį įvykti kokia revolucija.

Ligi neseno laiko populariausia astronomų tarpe buvo pirmoji teorijų rūšis, trinties teorija, geriausiai išplėtota nesenai mirusio Müncheno astronomo Seeliger'io[1], dėl to vadinama dar Seeliger'io teorija. Šitos teorijos analogiją mažame masštabe galime matyti kiekvieną giedrią naktį. Tai meteorai. Maži, kieti kosmiški kūnai, patekę į Žemės atmosferą ir lėkdami kelių dešimčių kilometrų per sekundą greičiu, smarkiai įkaista ir gražiai sušvinta. Būdami maži, meteorai, paprastai, atmosferoje išgaruoja ir išsisklaido, tik retai jų tenukrinta ant Žemės. Nukritęs jis greitai ataušta.

Kad kuri menkai bešviečianti žvaigždė panašiu būdu gali patekt į kokį kosminį ūką ir įkaisti, tai rodosi visiškai galimas dalykas. Juk kosminių ūkų galaktinėje sistemoje yra daug. Visas tik klausimas, ar toks žvaigždės susidūrimas su ūku gali sukelti tuos reiškinius, kuriuos paste-

[1] Plačiau apie jį žiūr. „Kosmos" 1925 m 253—255 pusl.

bime naujose žvaigždėse? O tai daugiausia pareina nuo relativaus žvaigždės ir ūko greičio ir nuo abiejų kūnų medžiagos sūdrumo. Relativus greitis gali svyruoti 10—40 km per sek. Blogiau yra su sūdrumu. Apie šviesius galaktinius dujų ūkus galime pasakyti, kad jie yra labai reti, nė iš tolo nelygintini su Žemės atmosferos net viršutinių sluogsnių sūdrumu. Mažiau žinomi tamsieji ūkai, kurių tarpe gali būti ir dulkinių. Pats Seeliger'is savo teorijoj duoda daugiau kvalitativinių kaip kvantitivinių aiškinimų. Jis stačiai prileidžia, kad silpnai šviečianti žvaigždė, patekusi į ūką, per trumpą laiką tiek įkaista, kad ima šimtus ir tūkstančius kartų smarkiau šviesti. Trintis tepaliečianti viršutinius žvaigždės sluogsnius, vadinas, temperaturos pakilimas tepaliečia žvaigždę negiliai. Tokia žvaigždė išėjus iš ūko turi vėl greit ataušt ir sugrįžt į pirminę būklę. Įkaitę viršutiniai sluogsniai smarkiai išsiplečia ir sukelia žvaigždės dujų sroves bei erupcijas. Tas sroves mes pastebime spektro linijų pasislinkimu. Kadangi žvaigždės atmosfera pirmiausia susiduria su ūku, tai ji gali smarkiau įkaisti už fotosferą ir tuo būdu duoti šviesias emisijos linijas tamsesniame ištisinio spektro dugne. Galima manyti, kad įsibraudama į ūką žvaigždė sukasi aplink savo ašį, todėl tokia žvaigždė įkaista aplink, bet ne kartu ir todėl nevienodai. Aušimo metu matomas šviesumo bangavimas; jis ir gali būti aiškinamas tuo, kad ne visą laiką matome lygiai įkaitusį žvaigždės diską. Tokie yra trumpi Seeliger'io teorijos bruožai.

Rašydamas apie naująsias ir jų teorijas Wellington'o (Naujoji Zelandija) astronomas A. C. Gifford'as[2] smarkiai kritikuoja Seeliger'io teoriją, pirmiausia laikydamas ūkų tirštumą neužtenkamą sukelt pastebėtam naujųjų efektui. Kad geriau savo kritiką iliustruotų, jis ima pavyzdžiu Nova Persei, aplink kurią kaip tik yra buvęs matomas ūkas. Kadangi Nova Persei sušvito per 48 valandas, tai tektų manyt, kad per tą laiką žvaigždė perskrodė visą ūką. Laikant, kad relativus greitis yra buvęs 20 km. per sek., gautume vos 1.728.000 km. ūko storį. Tai baisiai maža! Dujų kamuolio tūris, su kuriuo būtų žvaigždės susidurta, tebūtų vos apie tris kartus didesnis, kaip Saulės tūris. Manant kaip Campbell'is, kad ūkų tirštumas sudaro vieną dešimtmiliardinę oro dalį, mes tegautume labai mažą ūko masę, kuri dalyvautų susiduriant, būtent, apie vieną trisdešimtmilioninę dalį visos Žemės masės. O tokio masės trupučio toli gražu negali užtekt naujosioms žvaigždėms įkaitinti. Gifford'o žodžiais tariant, tokio ūko susidūrimas galima būtų palyginti su uodų pulko susidūrimu su greituoju traukiniu! Negalint prileist, kad ūkai galėtų duot reikiamą tirštumą dideliems trinties efektams sukelti, reikėtų laikyti Seeliger'io ir į jas panašias teorijas palaidotas, nepaisant to, kad, pasak Gifford'o, devynios dešimtosios astronomų linkę jos laikytis.

Antros rūšies teorijos numato dviejų žvaigždžių susidūrimą. Nėra abejonės, kad dviejų žvaigždės dydžio kūnų susidūrimas galėtų sukelti naujosios efektą. Žvaigždžių greitis, kuris vidutiniškai esti apie 20 km. per sekundę, besiartinant dviem žvaigždėm į viena kitą, gali išaugti ligi kelių šimtų kilometrų prieš susidūrimą. Milžiniška kinetinė tokių žvaigždžių energija, susidūrus, turi virsti šilimos energija, kuri galėtų gerokai pakelti

---

[2] The physical and chemical principles that underlie the interpretation of Novae, „Scientia" (Milano), 1931, vol. XLIX, pp. 169—182, 255—266.

abiejų žvaigždžių temperatūrą. Kombinuojant daugiau ar mažiau kampinį (vad., abiejų žvaigždžių centrai juda ne viena tiesia linija) susidūrimą iš tikrųjų galima patenkinamai išaiškinti visus naujosios žvaigždės reiškinius. Tad svarbiausias klausimas pasilieka tas, ar yra galimas dažnas dviejų žvaigždžių susidūrimas?

Susidūrimo galimumo klausimas yra svarbus ir dar vienu atžvilgiu. Šių dienų kosmogonijos teorija laiko didelės žvaigždės evolucijos normalų padarinį dvigubą ar sudėtingesnę žvaigždžių sistemą. Tuo tarpu planetinės sistemos, kaip Saulės, susidarymas yra daug painesnis ir, gal būt, paprastos evolucijos keliu visiškai negalimas reiškinys. Vienas įžymiausiųjų, jei ne pats įžymusis, šių dienų astronomiškosios kosmogonijos atstovų anglas J e a n s'as yra įsitikinęs, kad Saulės sistema galėjusi susidaryti taip pat tik arti vienai antros praeinant (arba net susiduriant) dviem žvaigždėm. Dėl to ir jis interesavosi ir darė suskaičiavimus, koks esąs galimumas dviem žvaigždėm susitikti. Kad susitikimas tegali būti retas įvykis, matyti iš žvaigždžių dydžio, jų turimos erdvės ir judėjimo greičio palyginimo. Žvaigždės pasaulio erdvėje, būtent, yra tarsi aguonos grūdeliai ant mūsų Žemės išbarstyti 50—60 km. atstume nuo vienas kito ir judą amebos greičiu! Galimumas tokiems grūdeliams susidurti yra be galo mažas ir vienam grūdeliui susidurti su kitu grūdeliu tegali pasitaikyti tik per daugelį bilijonų metų, taigi, per laiką, kuris, gal būt, prašoka visą žvaigždės amžių. Už tat sunku pasisakyti už naujųjų pasirodymą dėl susidūrimo. Be to, dvi susidūrusi žvaigždi galėtų nebeišsiskirti ir Nova tuo būdu negalėtų sugrįžt į savo pirmiau turėtąjį šviesumą.

Apskritai imant, žvaigždės, kurių šviesa kinta, nėra retas reiškinys. Atvirkščiai, atrodo, kad esama tokios spektrinio tipo ir absolutinio didumo žvaigždžių rūšies, kurios yra būtinai kintamos. Naujosios žvaigždės yra nenutraukiama grandimi sujungtos su paprastomis kintamomis, dėl to yra pribrendusi mintis, kad daugumo kintamųjų ir naujųjų pagrindinė priežastis esanti ta pati. Atrodo, kad kintamosios sudaro tam tikrą etapą didesniųjų žvaigždžių evolucijoje. Tą pažiūrą, kalbant apie naująsias, labai remia dar ir ta aplinkybė, kad visos naujosios šviesos maksimume yra beveik vienodos. Jeigu naujosios pasidarytų dės išviršinių aplinkybių, tai jų galėtų lygiai pasitaikyti įvairių žvaigždžių tarpe.

Paskelbti kokią priimtiną naujųjų evolucijos teoriją atrodo dar neatėjo laikas. Astronomiškoji kosmogonija gyvena dabar krizį; bendrosios kosmogonijos žinios kainojamos kita kaina. Naujosios žvaigždės yra specialinis kosmogonijos klausimas. Reikia tikėtis, kad tik ilgesnis astronomų fizikų ir chemikų bendras darbas galės duot gerą naujųjų teoriją, kai bus išaiškintas žvaigždžių spinduliavimas bei jo energijos versmės. Tiesa, dabar yra įsigalėjusi pažiūra, kad žvaigždėse esą sąlygų materijai pavirsti į energiją, bet ta pažiūra tuo tarpu dar negali būti eksperimentu patikrinta

Šių laikų gamtos mokslų plėtotė yra įrodžiusi daugybe pavyzdžių, kaip labai yra reikalinga, kad mokslininkai, greta didelio įsispecializavimo siauresniuose savo darbo klausimuose, dar pajėgtų užtenkamai orientuotis ne tik visame savo, bet ir gretimuose moksluose, ir kad jie sugebėtų jų rezultatus sintetiškai panaudoti.

Prof. Č e p i n s k i s, mūsų įsitikinimu, yra kaip tik iš tokių mokslininkų skaičiaus.

Žemės forma.

Prof. K. Šležėvičius, Kaunas.

Kas yra Žemė ir kokia jos forma? Šis klausimas, tur būt, atsirado tais laikais, kai žmogus pradėjo protauti. kai jis kritiškai pažvelgė į pasaulį. Čia mes neliesime, kaip plėtojosi pažiūros į Žemės formą bei jos atsiradimą. Apsiribosime žymiai siauresniu klausimu: kokios formos Žemė yra laikoma šiais laikais, kokiomis priemonėmis ta forma nustatoma ir, pagaliau, kas yra daroma šiuo reikalu Lietuvoje.

Jau Pitagoras grynai filosofiškai įsivaizdino Žemę esant rutulį; Aristotelis tai minčiai patvirtinti duoda įrodymų. Dabartiniais laikais susekta, kad Žemės forma yra sudėtinga ir laikyti ją esant rutulį galima tik kasdienos gyvenime, kai nereikalaujama tikslumo. Tikslūs matavimai parodė, kad Žemės meridiano vieno laipsnio ilgumai įvairiose vietose yra skirtingi; tai rodo, kad Žemė nėra rutulys. XIX-me ir XX-me šimtmečiais daromi triangulacijos darbai internaciniu mastu, ir iš gautų duomenų nusistatyta laikyti Žemę esant elipsoidą. Vadinasi, meridianas yra elipsis, kurio trumpesnioji ašis yra Žemės sukimosi ašis ir ilgesnioji — ekvatoriaus (pusiaujo) skersmuo: toks elipsis besisukdamas sudaro artutinę Žemės formą, bet žymiai tikslesnę, arčiau atitinkančią tikrą Žemės pavidalą.

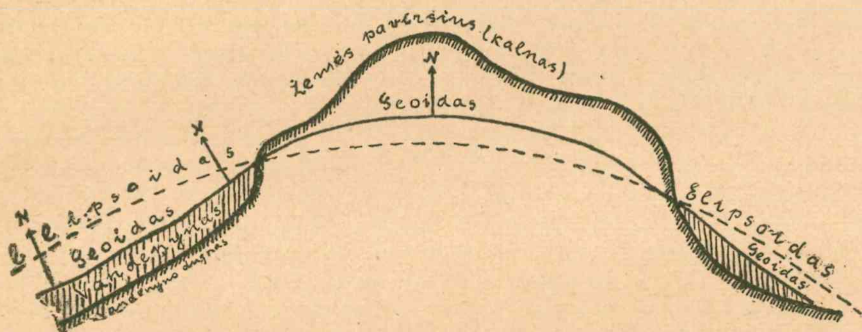
Paskiausiais laikais kyla minčių Žemę laikyti esant trijų ašių elipsoidą, nes atrodo, kad ir ekvatorius nėra apskritimas, bet truputį suplotas elipsis; suplojimas tikrai yra menkas. nes skirtumas tarp ilgesniosios ir trumpesniosios ašies yra vos 330 m; šis skaičius surastas suskaičiavimais ir klaida neturėtų prašokti 114 m. Meridiano suplojimas yra žymiai didesnis; tai bus matyti iš šių skaičių. Reikia pasakyti, kad nuo Newton'o ir Clairaut'o laikų geodezijoje vartojama keletas apytikrių formulų, kurios nustato Žėmės formą per jos traukos pasikeitimus. 1924 m. „Union géodesique et géophysique internationale“ Madride priėmė Hayford'o Žemės elipsoido duomenis. Žymėsime ilgesniąją pusiauašį, atseit, ekvatoriaus radijų, raide a, ir trumpesniąją — atstumą nuo Žemės centro iki polių — raide b. Tada dimensijos laikomos:

$$a = 6378388 \pm 53 \text{m.} \qquad a - b = 21477 \text{m}$$
$$b = 6356911 \pm 72 \text{m.}$$
$$\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{297}.$$

Kai nereikalaujama didelio tikslumo. tai Žemė vaizduojama kaip rutulys. kurio radijus R = 6371.23 klm ; to rutulio tūris yra tolygus ką tik nurodyto elipsoido tūriui.

Turint galvoje šiuos skaičius, kyla klausimas, kas laikoma Žemės paviršiumi, nes elipsio ašių ilgumai išmatuoti metrais, tuo tarpu kalnų aukštumai iškyla virš vandenynų lygio daugiau kaip 8 klm. Žemės paviršiaus forma yra laikomas ramus vandenynų paviršius, prileidžiant, kad ir sausumoje yra iškasti perkasai (kanalai), kuriuose vandens paviršiai mintimi pratęsiami visame Žemės plote. Bet ir toks vaizdas neatatinka tikrumą ir su

elipsoido paviršium nesutampa visas Žemės paviršius, ką tik minėtu būdu apibrėžtas. Tenka ieškoti kitos formos. Reikėtų visiems žinoti, kad Žemės masės centras traukia į save visus kūnus vertikaline (stačiąja) linkme. Jei Žemė būtų homogeninis kūnas, tai ta linkmė eitų normališkai Žemės elipsoido paviršium. (Čia verta pabrėžti. kad elipsoido forma susidarė dėl Žemės sukimosi). Tikrumoje, ties Žemės paviršium nevienodai suskirstytos masės (kalnai, lygumos, vandenynai, uolėnų įvairus specifinis svoris), tat šios apystovos iškraipo įvairių vietų vertikališkąją linkmę ir, norint atvaizduoti Žemės paviršių taip, kad jis būtų normalus vertikalinei linkmei, tenka atsisakyti nuo elipsoido ir turėti galvoje kitokį paviršių. Žemės paviršiaus forma vadinama g e o i d u; jo atsilenkimai nuo elipsoido neprašoka 100 m į vieną ir kitą pusę. Taigi, geoidas yra toks paviršius, kuris kiekviename taške yra normalus laisvai krintančio kūno linkmei. Ką tik pasakytą mano mintį atvaizduoja 1-sis paveikslas, kad sausumoje geoido paviršius yra virš elipsoido, o vandenyne atvirkščiai. *N* yra normaliosios; vandenyno paviršius sutampa su elipsoido paviršiumi.



1 pav. Fizinio Žemės, elipsoido ir geoidų, paviršių schema (masto neprisilaikyta).

Kalbant apie Žemės paviršiaus formą, tenka susidurti su laisvai krintančių kūnų greitėjimu, kuris fizikoje žymimas raide *g*. Šis greitėjimas yra dviejų jėgų atstojamoji: Žemės traukos ir išcentrinės jegos, kuri gimsta Žemei besisukant aplink ašį. Jis gali būti dvejopas: teoriškas (žymimas raide γ) ir siekimais nustatytas (tai žymėsime *g*); vadinasi, tarp γ ir g skirtumas aiškus. Grynai teoriškais sumetimais susekta, kad krintančių kūnų greitėjimas priklauso nuo geografinės platumos ir dažnai vartojama apytikrė H e l m e r t'o formula:

$$\gamma = 978.05\,[1 + 0.005285\ \mathrm{Sin}^2\varphi] = 978.05\,[1 + 0.005285 \times {}^1/_2(1 - \mathrm{Cos}\,2\varphi)] = 980.63\,(1 - 0.00263\ \mathrm{Cos}\,2\varphi).$$

Kur φ yra geografinis platumas.

Iš šios formulos galima suskaičiuoti:

Žemės ekvatoriuje $\gamma_0 = 978.05 \frac{\mathrm{Cm}}{\mathrm{Sek}^2}.$

„ ašigaliuose $\gamma_{90} = 983.17$ „

Platumoje 45^0 $\gamma_{45} = 980.63$ „

Kaune ($\varphi = 54^0 54'$) $\gamma_{\mathrm{Kaunas}} = 981.50$ „

Tokiu pat būdu galima suskaičiuoti γ kiekvienai vietai (vandenyno lygyje) Geofizikoje vartojamos griežtesnės formulos, bet mums svarbu tik pati šio klausimo esmė ir į smulkmenas nėra reikalo gilintis, nors pažymėtina, kad šie duomenys yra pakankamai tikslūs.

Žymiai lengviau suskaičiuoti γ bet kuriai vietai vartojant formulą:

$$\Delta\gamma = k.\ \Delta E,$$

kur $\Delta\gamma = \gamma_\varphi - \gamma_0$; k — tam tikra konstanta kurios, didumas yra k=—75500; ΔE — paviršiaus kreivumo pasikeitimas, pareinąs nuo geografinės platumos. Pridedamojoje lentelėje duoti suskaičiuotieji ΔE kai kurioms vietoms (φ—geografinis platumas).

φ	ΔE	φ	ΔE	φ	ΔE
0	— 0.00000000	40	— 0.00002832	70	— 0.00006043
10	— 0.00000207	45	— 0.00003426	80	— 0.00006634
20	— 0.00000803	50	— 0.00004020	90	— 0.00006840
30	— 0.00001714	60	— 0.00605134		

Iš tos leutelės lengva surasti, kad Kaunui (φ=54°54') ΔE=—0.00004577. Tad $\Delta\gamma$=k. ΔE=(—75500)x(—0.00004577)=3.45 $\frac{cm}{sek^2}$. Kadangi ekvatoriuj γ=978.05 $\frac{cm}{sek^2}$, tai γ_{Kaunas}=978.05+$\Delta\gamma$=978.05+3.45=981.50 $\frac{cm}{sek^2}$.

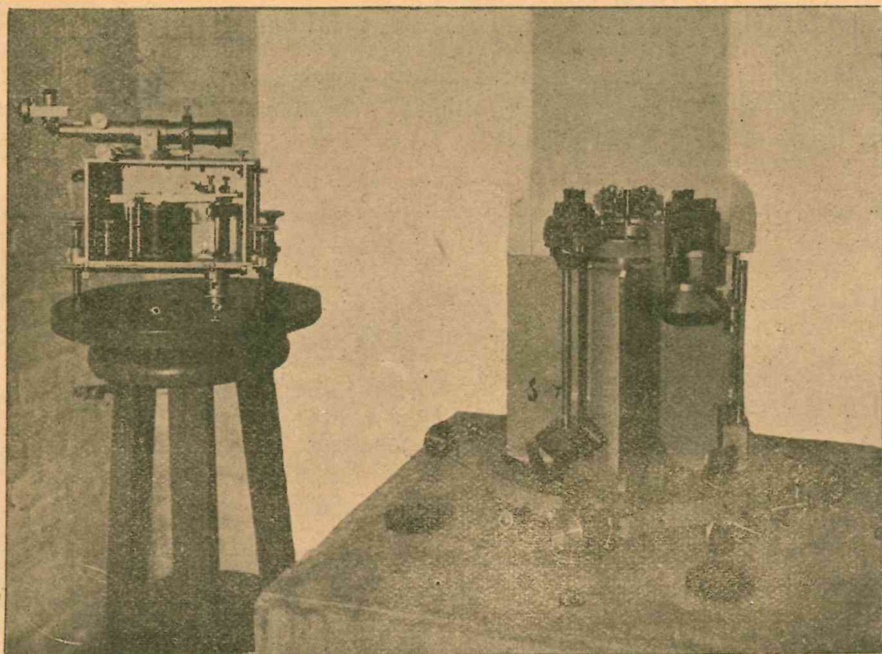
Analogiškai galima suskaičiuoti Žemės traukos sukeltą krintančiųjų kūnų greitėjimą bet kuriai vietai, žinoma, tuštumoje ir vandenynų lygio paviršiuje.

Dabar pažiūrėkime, ką duoda matavimai. Bet kuriai vietai nustatyti tikrąjį Žemės traukos pagreitinimą g vartojamos svyruoklės, kurios pritaikomos arba absoliutiems, arba relativiems matavimams. Absolutūs matavimai daromi vadinamomis apverčiamomis svyruoklėmis. Tai yra padaryti iš metalo stiebai, kurių galuose įtvirtintos prizmos briaunomis žemyn; jos atsiremia į plokšteles ir tuo būdu stiebas gali svyruoti. Nustatoma taip, kad stiebo svyravimo periodai būtų vienodi, kai jis svyruoja paremtas ir vieno ir kito galo prizmomis. Tuomet naudojama matematinės svyruoklės formula:

$$t = \pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

kur t svyravimo periodas, l astumas tarp abiejų prizmų briaunų. Tiksliai nustačius t ir išmatavus l, galima suskaičiuoti g. Pigu pasakyti, bet sunku tiksliai tai padaryti; šiuo klausimu statomos atskiros patalpos, naudojami precizijos aparatai l matavimui. tyrinėjamas temperaturos poveikis svyruoklės ilgumui bei papėdės pastovumui; žodžiu, tenka susidurti su labai daugeliu kliūčių ir tik kruopštumas bei kantrybė gali jas bent kiek nugalėti. Reikia turėti galvoje, kad svyravimo periodas nustatomas su tikslumu iki 10^{-7} sek. Suprantamas dalykas, tokios apverčiamos svyruoklės yra bran-

gios, reikalauja brangaus įrengimo. negalima jų kilnoti iš vieno vietos į kitą; jas randame tik institutuose (Potsdame, Vienoj, Londone ir kt.). Tuo tarpu reikia turėti kuo daugiausiai vietų, kuriose būtų nustatyta g. Tam



2 pav. Įsigyto Lietuvoje 4-rių svyruoklių aparato (Sterneck'o sistemos) svarbiausios dalys: *a* — stovas su svyruoklėmis (*s* viena svyruoklių); *b* — sutapimo aparatas (tiksliai nustatyt svyruoklių svyravimo periodui).

reikalui, palyginti, pavežami aparatai (2-sis pav.) žymiai pigesni (kainuoja 20.000 — 40.000 lt.) ir gaunami labai tikslūs rezultatai. Sutarsime, kad tam tikroje vietoje (pavyzdžiui, Potsdame) apverčiamąja svyruokle nustatyta Žemės trauka, kurią žymėsime g_1. Toje pačioje vietoje leisime svyruoti kitą, paprastesnę Sterneck'o svyruoklę, ir suseksime pastarosios svyravimo periodą; tai bus t_1; vadinasi,

$$t=\pi\sqrt{\frac{l}{g_1}}$$

Nuvyksime su ta pačia Sterneck'o svyruokle į kitą vietą ir vėl tiksliai suseksime svyravimo periodą t_2; tos vietos traukos jėgą žymėsime g_2. Tad

$$t_2=\pi\sqrt{\frac{l}{g_2}}$$

Iš tų dviejų lygčių lengva suvokti, kad $t_1^2 : t_2^2 = g_2 : g_1$.

$$g_2=g_1\frac{t_1^2}{t_2}$$

Kadangi g_1 yra žinoma, t_1 ir t_2 susekta, tai galima suskaičiuoti g_2. Taip lygindami įvairiose vietose svyruoklių svyravimo periodus, suskaičiuoja tų

vietų Žemės traukos jėgą. Šitose svyruoklėse visai nereikia matuoti jų ilgumo; tai svarbus dalykas, nes apverčiamosios svyruoklės ilgumas turi būti išmatuotas 0,002—0,005 mm tikslumu, kas sudaro didelių sunkumų. Pabaltijos Valstybių Geodetinė Komisija 1930 m. rudenį organizavo matavimus plote Potsdam—Kobenhavn—Stocholm—Helsinki—Leningrad—Tallin—Riga—Kaunas—Dincig—Potsdam. Matavimus darė du asmeniu (vokietys ir danas) įvairiu laiku ir kitais aparatais, bet tos pačios Sterneck'o sistemos. Potsdame g tiksliai surasta apverčiamąja svyruokle; tad greitu laiku gausime davinius, koks yra *tikras* g Kaune.

Lietuva turi įsigijusi 4-rių svyruoklių Sterneck'o aparatą, kuriuo jau pradėjo darbus. 1930 metais atlikti matavimai Švėkšnoje, Andriejave ir Pervalkoje (kaimas tarp Juodkrantės ir Nidos). Šiais metais numatoma padaryti matavimų bent 10-je vietų, kur yra pastatyti triangulacijos signalai; jie įeina į bendrą tinklą, kurį nustatė sakytoji Komisija. Aišku, darbai gali eiti, nors nėra žinomas g Kaune. Svarbu rasti svyruoklės svyravimo periodus Kaune ir kitose vietose, ir kai tik bus sužinota g Kaune, tai lengva bus suskaičiuoti Žemės traukos jėgą ir kitose vietose. Tad mes matome, jog kiekvienai vietai galima nustatyti Žemės trauką suskaičiavimais ir matavimais. Be to, pastarais laikais labai tiksliai susekama g pasikeitimai mažiuose atstumuose (plotuose). Tam reikalui vartojami Eötvös'o gravitaciniai variometrai; jais nustatomi traukos nukrypimai ir tai turi didelės praktinės reikšmės, ypačiai geologijoje, nes tuo būdu susekamas Žemės plutos sluoksniavimas; Eötvös'o variometrai, kitaip dar vadinami Eötvöso svarstyklėmis, visiškai atstoja gilius gręžinius; mat, masių pasikeitimas plutoje sukelia traukos atsilenkimus ir dėl to galima susekti griežtai ir tiksliai, koks yra plutos sąstatas. Taip surandama geležis, nafta ir kiti iškasamieji mineralai.

Eötvös'o aparatas konstruotas remiantis Coulomb'o dėsniu ir Cavendish'o bei Jolly'o svarstyklių suderinimas; jo tikslumas labai didelis, siekia iki 10^{-9} CGS sistemoje. Sunkiau buvo nustatinėti g vandenynuose, nes vyriausis reikalavimas svyruoklėms — jos privalo stovėti ant tvirto pamato. Pastaraisiais laikais išrastas aparatas, kuris panašus yra į Sterneck'o aparatą, tik kitokiu būdu, nustatomos svyruoklių svyravimo plokšmės; juo daromi matavimai povandeniniuose laivuose; pastaruoju metu tas aparatas (Vening-Meinesz sistemos) pradedamas vartoti matavimams sausumoje; jis yra žymiai brangesnis už Sterneck'o aparatą.

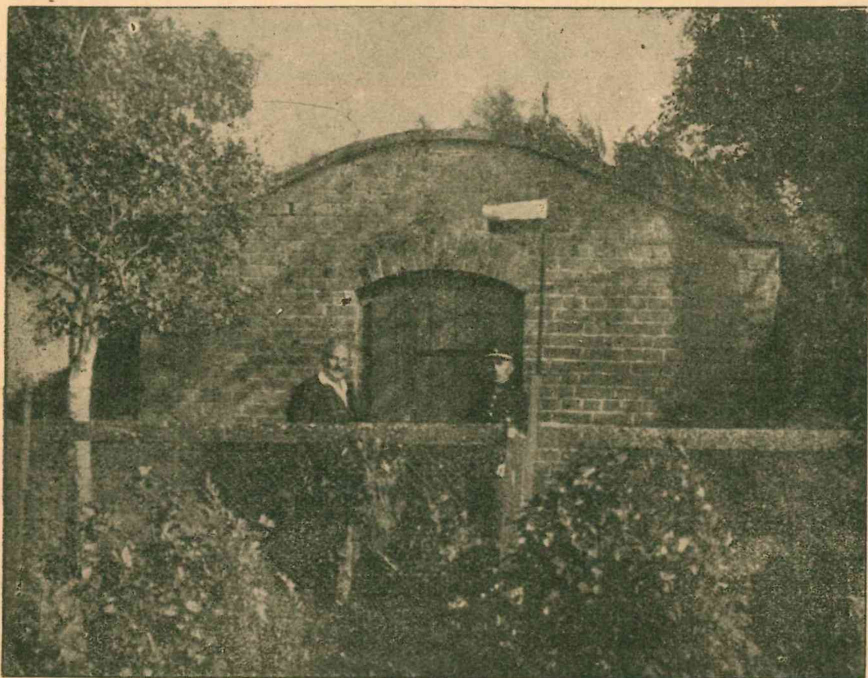
Gali kilti klausimas: koks yra ryšys tarp Žemės formos ir Žemės traukos. Šį ryšį nustato Clairaut'o teorema:

$\frac{\gamma_{90}-\gamma_0}{\gamma_0}+\alpha=2.5\frac{f_0}{\gamma_0}$ kur f_0 yra išcentrinės jėgos didumas del Žemės sukimosi ekvatoriuje. Visi kiti dydžiai nusakyti aukščiau. Buvo nurodyta, kad teoriškai suskaičiuota bet kurios vietos trauka (γ) gali būti surišta su vietomis 45^0 geografinės platumos (aukščiau $\gamma=980.63$). Jei Žemė turėtų taisyklingą formą, tai pakaktų surasti g dviejose vietose ir galima būtų suskaičiuoti γ_{90} ir γ_0; įstačius jų reikšmes į ką tik parašytą formulą lengvai surandama Žemės susiplojimas α. Tikrumoje, Žemės vaizdas netaisyklingas ir dėl to tenka nustatinėti g įvairiose vietose; ir kuo daugiau vietų ištirta, tuo tiksliau bus atvaizduotas Žemės paviršiaus forma.

Studijuojant gautuosius matavimais duomenis, susekta:

a. Žemės trauka virš vandenynų paviršiaus sutinka su Clairaut'o formula; Žemės susiplojimas atitinka duomenis, gautus tiesioginiais matavimais triangulacijos būdu.

b. Surasti *g* sausumoje ir redukuoti į vandenynų lygį yra beveik vienodo didumo su *g* reikšmėmis, susektomis vandenynuose.



3 pav. Rūsys Pervelkoje, kur buvo daromi stebėjimai 1930 m. Liepos mėn. 18—23 d.

c. Yra vietų su anomalijomis (atsilenkimais). Surastosios anomalijos iškelia klausimą apie Žemės plutos strukturą. Vienodas *g* vandenynuose ir sausumoje parodo, kad Žemės plutos struktura nėra paprasta. Yra žinoma, kad vandens specifinis svoris (lyginamasis svoris) laikomas 1 ir jis yra žymiai mažesnis už sausumos viršutiniojo sluoksnio vidutinį spec. svorį, kuris laikomas 2,7—3,0; tat vandenynuose, arti paviršiaus masė yra mažesnė, kaip sausumoje, ir dėl to Žemės trauka sausumoje turėtų būti didesnė; vadinasi, gaunama anomalija.

Verta atkreipti dėmesio. kad kalnuose *g* yra mažesnis, kaip lygumose. Visa tai verčia manyti, kad Žemės pluta plūduriuoja virš sunkesnės medžiagos; sausumoje tas sunkusis sluoksnis yra giliau, vandenynuose arčiau. Palyginimui galima paimti ledą; jis plūduriuoja vandenyje (vanduo sunkesnis už ledą) ir, uždėjus kokį nors sunkumą ant ledo, jis nugrims giliau, atseit, vanduo bus toliau nuo ledo paviršiaus. Tam tikroje gilumoje rasime sluoksnį, kurį vienodai slėgs visas Žemės paviršius, bet jo atstu-

mas nebus visur lygus. Sausumoje, ypačiai kalnuose toliau, vandenynuose arčiau. Tokia Žemės plutos masių pusiausvira yra vadinama i s o s t a z i j a. Bet apie isostaziją šį kartą nekalbėsime, nes tai išeina iš temos ribų.

Iš viso, kas pasakyta, eina, kad nustačius g įvairiose Žemės paviršiaus vietose, pasiremiant Clairaut'o teorema, galima susekti Žemės suplojimą ir tuo būdu vis ryškiau ir ryškiau išsiaiškina Žemės forma. Berods, kyla kai kam abejonių dėl Clairaut'o teoremos pritaikymo griežtumo, bet tai ypač didelės precizijos klausimas.

Žemės traukos matavimai svyruoklėmis eina sustiprintu tempu visame Žemės paviršiuje; ir mes nenorime atsilikti. 3-sis pav. atvaizduoja rūsį Pervelkoje, kuriame buvo daromi praeitą vasarą stebėjimai. Darbams su Sterneck'o aparatu reikalingos patalpos su, palyginti, pastovia temperatura (patogiausiai rūsys) ir tvirtos cementinės, arba plytomis grįstos, grindys; stebėjimų tikslas — tiksliai nustatyti svyruoklių svyravimo periodas; šiam tikslui pasiekti reikalinga nemaža kantrybės, laiko ir išlaidų. Kad galima būtų spręsti apie darbų tikslumą, nurodysiu, kad surastasis vidutinis svyruoklių svyravimo periodas Pervelkoje yra 0.4944266 8 sek.; kitose vietose galės pasikeisti paskutinieji 3, daugiausiai 4 ženklai. — Visa aparatura sveria apie 300 klg.



Balistinis vėjas.

S. O l š a u s k a s, Kaunas.

Paprastai, vėjo linkmė bei jėga nustatomi tam tikrais aparatais (fliugeriais, anemometrais) nedideliuose atstumuose nuo Žemės paviršiaus. Tačiau oro judesys arti Žemės paviršiaus negali apibūdinti oro judesio aukštesnios atmosferos sluoksniuose. Patirta, kad vėjo linkmė arti Žemės paviršiaus dažnai labai skiriasi nuo linkmės aukštesniuose sluoksniuose tuo pačiu metu; be to, atstumui nuo Žemės paviršiaus einant didyn, ir vėjo jėga taip pat eina didyn, nes Žemės paviršiuje vėjas sutinka įvairių pasipriešinimų, kurie mažina jo jėgą. Tam tikrais atvejais, būtent, oro spėjimo reikalams, o ypač skraidymui, sviedinių trajektorijų pakrypimui ir šaudymo toliui nustatyti, atsižvelgiant į vėjo poveikį reikalinga žinoti vėjo elementai aukštesniuose atmosferos sluoksniuose. Šiam tikslui plačiai vartojamas rutulių - pilotų būdas, kuris smulkiai aprašytas specialiai tam reikalui skirtuose vadovėliuose. Todėl čia neaiškinsim rutulių-pilotų būdo vėjo elementams surasti aukštesniuose sluoksniuose, o patarsim norintiems susipažinti su kalbamu būdu kreiptis tuo reikalu į orotyros mokslo specialistus, kurie duos reikalingų šiam tikslui nurodymų.

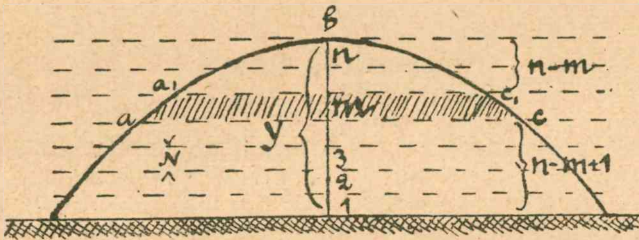
Nagrinėjant sviedinio trajektorijos pakrypimą ir šaudymo tolį ryšium su vėjo poveikiu, tenka susidurti su nustatymu vėjo elementų atskiruose atmosferos sluoksniuose ir taip tuos davinius suderinti, kad galutinoj išvadoj gautum tokią vėjo linkmę bei jėgą, kuri galėtų paveikti sviedinį tokiu pat būdu, kaip ir veikiantieji vėjo elementai kiekviename numatytų šiam tikslui atmosferos sluoksnių drauge.

Šiam klausimui panagrinėti, imsime sviedinio trajektoriją, atatinkančią tam tikram šaudymo toliui, (žiūr. brėž.), ir padalinsim atmosferos sluoksnį su aukščiu iki trajektorijos viršūnės horizontaliomis plokštu-

momis į kelis vienodo aukštumo (storumo) sluoksnius. Lėkdamas sviedinys du kartu perkirs vaizduojamus sluoksnius, iš pradžių kildamas, paskui krisdamas.

Vėjo greitumas (jėga) ir linkmė, pasikeičiant aukščiui, nėra pastovus, todėl galime prileisti, kad kiekviename kalbamųjų sluoksnių vėjo elementai bus įvairūs ir kiekviename sluoksny vėjas veiks sviedinį įvairiai. Vadinasi, kiekviename sluoksny sviedinys, žiūrint tolumo ir linkmės, kryps į įvairius dydžius, atatinkamai vėjo greitumui ir linkmei tame sluoksnyje. Kaip to rezultatas, sviedinys įgaus galutiną atsilenkimą, žiūrint tolio ir linkmės, kuris priklausys nuo bendros sumos visų atsilenkimų, priklausančių nuo atskirų atmosferos sluoksnių, kuriuos sviedinys buvo perkirtęs.

Turint galvoje, kad sviedinio trajektorijai bei šaudymo toliui nustatyti ryšium su vėjo poveikiu svarbu žinoti galutinas atsilenkimas, todėl nusistatyta įvairius vėjus įvairiuose aukštumuose pakeisti vienu vėju, kuris linkmės ir jėgos atžvilgiu nekitėtų visoje sviedinio trajektorijoje ir kuris duotų atsilenkimą pagal tolį ir linkmę, atatinkantį gautiems sviedinio atsilenkimas kiekviename visų sluoksnių drauge. Šis fiktivus, tikrumoje nesamas, bet realų vėją pakeitus, gaunamas vėjas, vadinamas balistiniu vėju.



Šis apibrėžimas balistinio vėjo laikomas ganėtinai tikslus, jei prileisti, kad 1) vėjo linkmė ir jėga yra pastovūs atskiro atmosferos sluoksnio ribose; 2) vėjo linkmė ir jėga yra pastovūs atskiro sluoksnio ribose visos tam tikrôs sviedinio trajektorijos ribose (t.y. iš pradžių kylant, o vėliau krintant); 3) vėjo veikimas yra tiesioginai proporcingas jo jėgai (greitumui) ir veikimo laikui; 4) rutulio-piloto pavėlavimas palyginus su vėju yra lygus 0 (nuliui). Šis pastarasis prileidimas imamas domėn tik tuo atveju, jei vėjai aukštesniuose sluoksniuose nustatomi rutulių-pilotų metodu. Kitais atvejais šis prileidimas savaime atpuola.

Padarę šiuos prileidimus išvesime balistinio vėjo formulą. Imkim, kad aukštis sviedinio trajektorijos, kuriai ieškomas balistinis vėjas, bus Y ir vienodo storumo sluoksnių kiekis, į kuriuos padalinta atmosfera užsibrėžtos trajektorijos ribose, bus *n*, (žiūr. brėž.). Pilnas sviedinio atsilenkimas — jį pažymėsim *u* —, kurį įgauna sviedinys, vėjo veikiamas, tiesioginai proporcingas balistinio vėjo greitumui V_b ir veikimo laikui *T* (3 prileidimas). Tuomet gausime, kad $u=kV_bT$, tame *k* yra proporcingumo koeficientas. Pažymėję vidutinius greitumus atskiruose atmosferos sluoksniuose, būtent, 1, 2, 3.....n, atatinkamai v_1, v_2, v_3....v ,o laiką, per kurį sviedinys praeina kiekvieną sluoksnį t_1, t_2, t_3.....t_n galime surasti sviedinio atsilenkimus atskiruose sluoksniuose iš formulų:

$u_1 = k v_1 t_1$, $u_2 = k v_2 t_2$, ... $u_n = k v_n t_n$.

Sudėję kalbamas lygtis, gausime:

$u_1 + u_2 + ... + u_n = k (v_1 t_1 + v_2 t_2 + ... v_n t_n)$

Kairioji dalis šios lygties yra geometrinė suma visų sviedinio atsilenkimų dėl vėjo veikimo, t.y. pilnas sviedinio atsilenkimas *u*, atatinkantis jo lėkimo laiką *T*. Tokiu būdu, žinodami, kad

$u = k V_b T$, gausime $kV_b T = k (v_1 t_1 + v_2 t_2 + ... + v_n t_n$. Padalinę šios lygties abi dali iš kT, gausime

$$V_b = \frac{t_1}{T} v_1 + \frac{t_2}{T} v_2 + ... + \frac{t_n}{T} v_n \quad (1)$$

Tai ir yra balistinio vėjo formula.

Šioje formuloje nežinomais yra laikomi dydžiai $\frac{t_1}{T}, \frac{t_2}{T} ...... \frac{t_n}{T}$, t. y. santykiai tarp laiko, kurį sviedinys prabuvo tam tikrame sluoksny, ir pilno laiko, per kurį sviedinys pralėkė užsibrėžtąją trajektoriją. Kalbamieji dydžiai vadinami balistinio vėjo koeficientais. Jiems suskaičiuoti išvesime atskirą formulą.

Prileisdami, kad sviedinio trajektorija ore yra artima trajektorijai erdvėje be oro, pasinaudosime išorinės balistikos formula, kurios pagalba galima surasti trajektorijos aukštį y ryšium su pilnu sviedinio lėkimo laiku T, būtent,

$y = \frac{gT^2}{8}$, iš kur $T = 2\sqrt{\frac{2}{g}} \cdot \sqrt{y}$, kame *g* — sunkumo jėgos greitėjimas, Pažymėsime pastovų dydį $2\sqrt{\frac{2}{g}}$ raide *B*, gausime $T = B. \sqrt{y}$, arba išreiškiant trajektorijos aukštį y sandauga sluoksnių kiekio *n* iš sluoksnio storumo *N*, gausime $T = B. \sqrt{N}. \sqrt{n}$. Analogiškai ir laikas, atatinkantis trajektorijos dalies (a b c) aukštį, pradedant nuo *m* sluoksnio ($m < n$), — jį pažymėsim T_1 —, bus lygus $T_1 = B. \sqrt{N}. \sqrt{n - m + 1}$. Laikas, atatinkantis trajektorijos dalies (a_1 b c_1) aukštį virš *m* sluoksnio — jį pažymėsim T_2—, bus lygus $T_2 = B. \sqrt{N}. \sqrt{n - m}$. Tokiu būdu laiką, per kurį sviedinys praeis sluoksnį m, gausim iš skirtumo T_1 ir T_2, būtent, $t_m = T_1 - T_2$ arba $t_m = B. \sqrt{N} \cdot (\sqrt{n - m + 1} - \sqrt{n - m})$. Todėl $\frac{t_m}{T} = \frac{B. \sqrt{N}(\sqrt{n - m + 1} - \sqrt{n - m})}{B. \sqrt{N} . \sqrt{n}}$

$$\text{arba } \frac{t_m}{T} = \frac{\sqrt{n - m + 1} - \sqrt{n - m}}{\sqrt{n}},$$

kame *m* tam tikras numeris eilinio sluoksnio, o *n* — skaičius visų sluoksnių, į kuriuos padalinta užsibrėžtoji trajektorija.

Tokiū būdu balistinio vėjo formula (1), įstačius į ją koeficientų $\frac{t_1}{T}, \frac{t_2}{T}$ ..... $\frac{t_n}{T}$ dydžius, išreikštus visų sluoksnių kiekiu *n* ir tam tikru numeriu eilinio sluoksnio *m*, gauna tokį pavidalą:

$$V_b = \frac{\sqrt{n} - \sqrt{n-1}}{\sqrt{n}} v_1 + \frac{\sqrt{n-1} - \sqrt{n-2}}{\sqrt{n}} v_2 + ... + \frac{1}{\sqrt{n}} v_n \quad (2)$$

Pažvelgę į formulą (2) galime įsitikinti, kad balistinio vėjo koeficiento dydžiai nepriklauso nuo sluoksnių storumo, bet tik nuo bendro sluoksnių kiekio ir nuo tos vietos, kurią užima tam tikras sluoksnis. Balistinis vėjas gali būti surastas, jei yra duomenys apie vėjo jėgą (greitumą) ir linkmę tam tikruose sluoksniuose sviedinio trajektorijos ribose. Kalbamieji duomenys gali būti nustatyti dvejopais būdais: sekant rutulį-pilotą ir stebint sviedinio sprogimą tam tikrame aukštume. Skirtumas tarp pirmo ir antro būdo yra tas, kad pirmuoju būdu surandame vidutinius elementus, vienodo storumo atmosferos sluosniuose, o antruoju — vėjas surandamas tik tam tikrame iš anksto nustatytame aukštume. Rutulių-pilotų būdas laikomas patikimiausiu, todėl jis dažniausiai ir vartojamas balistiniam vėjui surasti. Surinkus vėjo elementų duomenis, galime surasti balistinį vėją grafiniu ir analitiniu metodais.

Naudojant grafinį metodą, vėjo jėga kiekviename atmosferos sluoksny dauginama iš atatinkamo šiam sluoksniui koeficiento ir iš gautųjų sandaugų surandame balistinį vėją, atlikdami daugybą ir sudėtį grafiniu būdu. Turint galvoje, kad kiekviename sluoksny vėjas turi ne tik įvairią jėgą, bet ir linkmę, gautų sandaugų negalima sudėti algebriškai, bet sudėtį reikia atlikti geometriškai, nes kalbamos sandaugos bus vektoriai, o ne algebriniai skaičiai.

Vartojant analitinį metodą balistiniam vėjui surasti, reikia pabrėžti, kad vieno kitų analitinių metodų esmė yra ta, jog kiekvieno sluoksnio vėjas išdėstomas į dvi komponentas pagal dvi viena kitai pastovi statmeni linkmi, vienodi visiems sluoksniams. Šiuo pašalinamas vėjo linkmių skirtingumas ir atskiros atkarpos kiekvienos dviejų viena kitai statmenų komponentų sudedamos algebriniu būdu, bet ne geometriniu. Tik galutinai gautos (kaip sumos) bendros komponentos sudedamos geometriškai.

Tarp kita ko tenka nurodyti, kad abu kalbamuoju metodu praktikoje (šaudymo metu) beveik nenaudojami, nes jiems pritaikyt tenka sugaišti daug laiko.

Yra dar vienas būdas, kuriuo nepalyginamai greičiau ir pakankamai tiksliai išsprendžiamas balistinio vėjo suradimo uždavinys grafiniu būdu ne tik vien tam tikrai sviedinio trajektorijai, bet, reikalui esant, ir kelioms trajektorijoms drauge, bet ne iš eilės kiekvienai trajektorijai atskirai, kaip tai tenka atlikti kitais būdais. Tai būdas panaudojant Molčanovo ratą.

Molčanovo rato pagalba taip pat surandami vėjo greitumas ir linkmė įvairiuose atmosferos sluoksniuose. Jo vartojimo būdas aprašytas knygose „Инструкция для наблюдений над шарами-пилотами" (Главная Геофизическая Обсерватория 1925) ir „Метеорология и аэрология на службе артилерии (И. Соколовский и А. Мелик-Каспаров, Государственное издательство, 1929). Be to, šiam tikslui skiriamas ir prietaisas, vadinamas „Flugbahn-Zeichnengerät von L u d o l p h für Pilotballonaufstiege, kurio vartojimo būdas išdestytas knygoje „Anleitung zur Ausführung meteorologischer Beobachtungen auf Flugwetterposten" (Thüringische Landeswetterwarte, Weimar 1930).



Hidrologija ir jos turinys.

Prof. Steponas Kolupaila, Kaunas.

Geofizika ir hidrologija. Hidrologija, hidronomija, hidrometrija ir hidrografija. Hidrologijos skyriai. Trumpa istorinė apžvalga. Hidrometeorologija. Okeanologija. Potamologija. Limnologija. Glaciologija. Telmatologija. Hidrogeologija. Hidrometrija. Periodica. Kongresai. Hidrologijos uždaviniai Lietuvoje. Literatura. Svarbiausi hidrologijos veikalai. Vadovėliai.

Eina dešimti metai, kaip Lietuvoje vartojami terminai „hidrologija" ir „hidrometrija". Nuo 1922 metų mūsų Universiteto Technikos fakultete dėstomas *Hidrologijos ir hidrometrijos* kursas. Nuo 1923 metų Susisiekimo ministerijoje veikia *Hidrometrinė* partija, nuo 1930 metų vadinama Hidrometriniu biūru; biuras skelbia savo observacijų medžiagą *Hidrometriniuose* metraščiuose. O mūsų mokslinėje literaturoje iki šiam laikui nebuvo duota tų „naujų" terminų apibrėžimo. Jiems paaiškinti ir skiriu šį straipsnį

Geofizika ir hidrologija.

Hidrologija sudaro dalį *geofizikos,* mokslo apie mūsų gyvenamos planetos Žemės fizišką̧jį gyvavimą.

Geofizika turi tris studijų objektus: litosferą — kietąjį Žemės lukštą, hidrosferą — skystąją jos dalį, ir atmosferą — ją gaubiantį dujų sluoksnį Tie trys objektai atitinka tris svarbiausias geofizikos dalis: 1) *geologiją* — mokslą apie Žemės kūno strukturą, 2) *hidrologiją* — mokslą apie Žemės vandenis, ir 3) *meteorologiją* — mokslą apie atmosferinius reiškinius[1].

Hidrologija vadinama ta geofizikos dalis. kuri studijuoja atsiradimą, gyvavimą ir veikimą vandens visuose trijuose Žemės apgaubaluose (O p p o k o v, lit. 1); trumpiau, hidrologija vadinamas mokslas apie vandens būklę Žemėje (G l u š k o v, lit. 2).

Geologijos bei meteorologijos turinio ir uždavinių aiškinti netenka, — tą žino kiekvienas gamtininkas ir šiaip šviesesnis žmogus. O hidrologija tebelaikoma nauju mokslu, kartais jos nesutinka dar mokslu vadinti; matyti, ji ne visų dar pripažinta „de jure".

Garsusis Ukrainos hidrologas prof. O p p o k o v'as taip aiškina hidrologijos nežinojimą ir neįvertinimą:

„Atgyvenanti karta ėjo mokslus epochoje, kada klestėjo klasicizmas ir buvo ignoruojamas gamtos mokslas, išskyrus, gal, gryną matematiką; tokie žodžiai, kaip geofizika ir hidrologija, labai dažnai sudaro jai terra incognita. Šios kartos atstovai ne tik istorijos bei socialinių-ekonominių mokslų srities, bet ir matematikos specialistai, rodo nuostabų nenusimanymą apie pažangą tų mokslų, kurie studijuoja Žemę, jos nuolatinius reiškinius ir gyvavimo procesus. Tai suprantama: kai jie mokinosi, geofizika dar neturėjo savo vardo; buvo dėstomi ir studijuojami jos skyriai — fizinė geo-

---

[1] Geofizikos autoritetai išskiria tokias to mokslo šakas: Žemės magnetizmas, Žemės elektra, Žemės trauka, seismologija (Žemės drebėjimai), Žemės optika, meteorologija ir klimatologija, okeanografija, Žemės paviršiaus orografija ir morfologija (reljefas); žiūr., lit. 3 (*Klossovskij).*

grafija, kosmografija, meteorologija, geologija. Hidrologija tada dar nebuvo dėstoma; praeito šimtmečio pabaigoje dar abejota, ar toks mokslas gali būti savarankiškas, nors hidrologijos vardas (l'hydrologie, hydrology, Gewässerkunde, idrologia) buvo jau seniau plačiai žinomas įvairių kraštų literaturoje.

„Jei tokios abejonės buvo pateisinamos seniau, kaip klasicizmo ilgo skiepijimo ir gamtos mokslų ignoravimo rezultatas, tai dabartiniu metu klausti, ar yra apskritai hidrologijos mokslas ir kas jis per vienas, reikštų visišką nenusimanymą moderninėje šios geofizikos srities būklėje. Deja, dar pasitaiko siaurų specialistų, kurie nežino ir nenori žinoti nieko, kas darosi už siaurų jų specialybės ribų kitose srityse...

Hidrologija daro didelę pažangą kartu su „vandenų statyba" — hidrotechnika; toji seniausia inžinierijos mokslų šaka virto dabar viena aktualiausių. Vandens keliai, vandens jėgos naudojimas, nusausinimas ir irigacija, vandens tiekimas ir kanalizacija — moderninės technikos mėgiamiausios problemos!"

Hidrologija, hidronomija, hidrometrija ir hidrografija.

Nuo hidrologijos, kaip geofizikos dalies, reikia atskirti mokslą apie vandenį, kaip medžiagą, vadinamą *hidronomiją* (Gluškov, lit. 2). Prof. Gluškovas dalija plačią hidrologijos sąvoką į dvi dali: *hidronomiją* ir *tiesiog hidrologiją*.

Hidronomiją galima suskaldyt į *hidrofiziką* (vandens fiziškos savybės), *hidrochemiją* (H_2O ir priemaišų savybės) ir *hidromechaniką* (skystųjų kūnų pusiausvira ir judėjimas). Šios hidronomijos dalys gali būti studijuojamos kartu su atitinkamais mokslais — fizika, chemija ir mechanika.

Hidrologijoje plačiai vartojami hidronomijos šakų metodai; pakanka pažymėti ledo studijas (vad. *kriologija*), jūrių vandens sūdrumo matavimus, ištirpusių bei pasvertų medžiagų analizą, hidraulikos formules, hidrodinamikos lygtis ir t.t.

Iš hidrologijos dar galima išskirti du pagelbiniu mokslu, — būtent: 1) *hidrometrija* — hidrologinių elementų matavimų metodika, ir 2) *hidrografija* — hidrologinių objektų aprašymas.

Hidrometriją, kaip matavimų mokslą, dažnai jungia su geodezija, kartu su topografiniais matavimais, ar su hidraulika, taikomąja hidraulika, kurios bandymuose svarbi rolė tenka hidrometrijos metodams.

Hidrografija taip pat būna identifikuojama su geografijos dalimi, kur aprašomi Žemės vandenys; iš tikrųjų, regionalinei geografijai artima *speciali hidrografija;* jos elementai randami kiekviename geografijos kurse. Jūrių tyrinėjimuose hidrografijos uždaviniai kartais susiaurinami iki specialių žemėlapių ruošimo, t. y., iki kartografijos; tai visai neteisinga. Lygiai be pamato kai kurie vokiečių autoriai hidrografija vadina mokslą apie vandenis Žemės paviršiuje, o hidrologija — mokslą apie požemių vandenis (lit. 59). — Pasitaiko ir daugiau tuose pavadinimuose netikslumų.

Tiek hidrometrija, tiek hidrografija, sudaro pagrindą hidrologijos dėsniams; be tyrinėjimų negalimos jokios išvados; hidrologija, kaip gamtos mokslas, remiasi gamtos observavimu.

Kartais prie hidrologijos priskiria *hidrobiologiją* — vandenų biologiją, mokslą apie gyvybės reiškinius vandenyse; ji, kaip biologijos dalis, įeina į zoologijos, botanikos ir bakteriologijos mokslus.

Hidrologijos skyriai

Labai platus hidrologijos studijų objektas — Žemės vandenys! Vanduo pripildo okeanus ir jūres, teka Žemės paviršiumi upėse ir upeliuose, sulaikomas balose ir ežeruose, sunkiasi ir teka požemiuose, juda atmosferoje, guli sniego ir ledo pavidalu kalnų viršūnėse ir ledynuose, krinta lietumi ar sniegu iš debesų, kondensuojasi dirvoje iš oro garų ir garais kyla iš Žemės paviršiaus.

Pasiūlyta įvairių hidrologijos padalinimų. Vienas pirmųjų hidrologijos mokslininkų, prof. P e n c k'as (lit. 4) dalija hidrologiją *(allgemeine Gewässerkunde)* į 3 šakas — jūrių *(Meereskunde)*, ežerų *(Seekunde)* ir upių *(Flusskunde)* mokslus.

Prancuzų hidrologas Dr. I m b e a u x (lit. 5) visai teisingai skirsto hidrologiją (l'hydrologie) į 3 dalis: 1) okeanų *(l'hydrologie marine,* arba *océanographie),* 2) atmosferos *(l'hydrologie atmosphérique)* ir 3) sausumos *(l'hydrologie continentale).* Paskutinis, *kontinentalinės hidrologijos* skyrius apima vandenis tiek ant Žemės paviršiaus, tiek po paviršiumi; jį I m b e a u x skirsto toliau į 2 šakas: a) paviršutinių vandenų *(l'hydrologie superficielle)* ir b) požeminių vandenų *(l'hydrologie souterraine).*

Vokiečių hidrobiologai (prof. T h i e n e m a n n'as, dr. L e n z'as, lit. 6) laiko gyvybę svarbiausią skirstomąjį faktorių; jie skiria sūrių vandenų tyrimus *(Meeresforschung)* nuo gėlųjų vandenų *(Süsswasserforschung = Limnologie).* Jie limnologijos terminu supranta kontinentalinę hidrologiją, bet jos turinį žymiai išplečia; hidrografiją jie laiko tos šakos dalimi ir jai palieka visus fiziškus-chemiškus vandenų tyrimus.

Pagal prof. S c h a f f e r n a k'ą, hidrologija, kaip moksliškas hidrotechnikos pagrindas, susideda iš *hidrografijos* (vandens pasiskirstymas Žemėje), *morfologijos* (tekančio vandens veikimas į vagą) ir *hidraulikos* vandens judėjimo taisyklės); *hidrometrija,* matavimų metodika, sudaro vieną . hidrografijos skyrių (lit. 10).

Plačiausį hidrologijos padalinimą pasiūlė prof. G l u š k o v'as (lit. 2), pagal išorines sąlygas, kuriose vanduo randasi; iš trijų pagrindinių sričių (atmosfera, paviršius, požemiai) jis išskiria 8 grupes, būtent:

1. vanduo atmosferoj:

1a — atmosferos aukštiniai sluoksniai — *hidroaerologija,*
1b — atmosferos žemutiniai sluoksniai — *hidrometeorologija,*

2. vanduo Žemės paviršiuje:

2a — upės — *potamologija,*
2b — ledynai — *glaciologija,*
2c — ežerai — *limnologija,*
2d — okeanai — *okeanologija,*

3. vanduo požemiuose:

3a — dirvožemio vanduo — *hidropedologija,*
3b — gelmių vanduo — *hidrogeologija.*

Į tokius pat aštuonis skyrius dalina prof. G l u š k o v'as hidrometriją ir hidrografiją; jis siūlo vadinti: potamografija, potamometrija, okeanografija, okeanometrija ir t.t. Tokiam plačiam suskirstymui hidrologai nepritarė: ne visi terminai prigijo. Okeanologijos vietoje dažniau sutinkamas okeanografijos vardas.

Prof. G r a v e l i u s, kuris nuo 1898 metų dėsto hidrologijos kursą Dresdeno A. Technikos mokykloje, skirsto (lit. 52) hidrologija — *Gewässerkunde* — į upių *(Flusskunde)*, jūrių bei ežerų *(Seenkunde)*, požeminių vandenų bei versmių *(Grundwasser- und Quellenkunde)* mokslus ir hidrografinę klimatologiją *(hydrographische Klimatologie)* arba drėgmenų mokslą *(Niederschlagskunde)*. Hidrologiją jis identifikuoja su vandenų geografija *(Geographie der Wassers)*; iš tikrųjų. tas pavadinimas geriau tiktų hidrografijai.

Prof. O p p o k o v'as (lit. 1) iš kitų hidrologijos šakų (būtent, iš limnologijos) išskiria balų, arba pelkių, mokslą *(Moorkunde, Telmatologija)*.

Suderinant šias klasifikacijas, gaunama tokia hidrologijos suskirstymo schema:

Bendroji hidrologija:

I. Hidronomija:

1. Hidrofizika,
2. Hidrochemija,
3. Hidromechanika,

II. Hidrologija su hidrometrija ir hidrografija:

1. Atmosferos h. (Hidrometeorologija),
2. Okeanų h. (Okeanologija),
3. Požemių h. (Hidrogeologija),
4. Sausumos h. (Kontinentalinė hidrologija):
   b) ežerų h. (Limnologija),
   a) upių h. (Potamologija),
   c) ledynų h. (Glaciologija),
   d) pelkių h. (Telmatologija).

III. Hidrobiologija.

Vienas ryškiausių plataus hidrologijos aiškinimo pavyzdžių — Rusijos Hidrologinio instituto projektas (lit. 8), pagal kurį 1919 metais įkurta pirmoji pasaulyje logiškai sugalvota centrinė mokslo įstaiga; nežiūrint sunkiausių išorinių sąlygų, Rusijos Hidrologinis institutas veikia ir plečiasi. Institute 5 skyriai: bendrai moksliškas. upių, ežerų, požeminių vandenų jūrių; be to, įvairios pagelbinės įstaigos. Bendrąjį mokslo skyrių sudaro 9 sekcijos — taikomosios matematikos, hidraulikos, sąnašų ir nuosėdų, hidrobiologijos, geodezijos. Upių skyriuje — 3 sekcijos: upių režimo, upių darbo ir hidrometrijos; ežerų skyriuje — gėlųjų ežerų, mineralinių ežerų bei purvų, pelkių sekcijos; požeminių vandenų skyriuje — artezinio vandens, gruntinio vandens, mineralinių versmių, žemės smukimų sekcijos; jūrių skyriuje — atvirųjų jūrių, jūrių pakraščių, upių žiočių sekcijos.

Rusijos hidrologų kongresai dirba 8 sekcijomis: upių tyrinėjimų, ežerų tyrinėjimų, jūrių tyrinėjimų, požeminių vandenų tyrinėjimų, matematikos klausimų hidrologijoje, hidrofizikos klausimų, hidrobiologijos bei hidrochemijos klausimų, hidrotechnikos klausimų.

Trumpa istorinė apžvalga.

Seniausi žmonių kulturos pėdsakai — tai babiloniečių, egiptiečių ir romėnų hidrotechniškos statybos paminklai: irigacijos sistemos, miestų vandentiekių akveduktai, vandens rezervuarai ir t.t. Be abejonių, senovės statytojai turėjo kai kurių hidrologijos žinių ir darė vandenų matavimus bei observacijas. Geriausiai apie tai liudija egiptiečių vandens matavimo stotys Nilo krantuose, vad., *nilometrai;* keturi į išlikę iki šiai dienai. Nilometrai buvo įrengti prieš 4000 metų, dar faraonams valdant, paskirtose Nilo dievaičiui bažnyčiose; vidury tam tikros koplyčios, sujungtame su Nilu šuliny, paliko visokie ženklai sienose bei kolonose; tai — seniausios vandens horizontui observuoti matuoklės! Nilometrui, spėjama, buvo priskirtas hidrologas-kunigas, kuris sekė Nilo svyravimus, skelbė potvynio eigą ir darė prognozus. Egiptiečiai laikė Nilo potvynį didelę šventę ir kalendorinių metų pradžią. Mat, Egipto gerbūvis buvo tampriai surištas su Nilo potvynių aukščiu; permažai pakilęs vanduo nepasiekdavo irigacijos kanalų ir baseinų, peraukštas gadino pylimus ir skandino kaimus. Kai kur Nilo krantuose užsiliko išskelti uoloje potvynių aukščiai su atitinkamais hieroglifų užrašais.

Statybos šedevru laikomi romėnų vandentiekiai, kurių įrengimus dar galima matyti Romos apylinkėse, Pietų Prancuzijoje ir kitur. Imperatoriaus Nervos metu viename keturių Romos vandentiekių architektas Frontinas buvo įtaisęs prietaisą vandens debitui matuoti. Panašūs įrengimai rasti Mervo oazoje Centrinėje Azijoje (lit. 9).

Senovės graikų išminčių hidrologinės pažiūros buvo gana primitivios. T a l i s M i l e t i š k i s VII—VI šimtm. prieš Kr. skelbė vandenį esant viso ko pradmenį. Nuo E m p e d o k l i o (V šimtm. pr. Kr.) vanduo buvo laikomas vienu ketverto elementų, iš kurių sudarytas visas pasaulis. Labai charakteringas graikų poeto P i n d a r o posakis Ἄριστον μὲν ὕδωρ (vanduo — tauriausias dalykas!). Vandens ratas buvo taip suprantamas: vėjas varo vandenį iš jūrių į sausumą, kaip į kempinę; pasiekęs kalnus, vanduo išteka pro versmes ir teka upėmis atgal į jūres. Pagal P l a t o n ą, vanduo iš jūrių pro pragarą pasiekia versmes (lit. 10a).

Kurį laiką buvo rimtai manoma, kad keturios upės — Eufratas, Tigras, Nilas ir Gangas teka iš rojaus. Kai kurie geografai ilgai tvirtino, kad visos upės išteka iš ežerų, surištų po žeme su okeanu.

Išmintingesnės A r i s t o t e l i o (IV šimtm. prieš Kr.) pažiūros į vandens ratą gamtoje: vanduo garuoja iš jūrių, vėjas varo debesius į sausumą, iškritęs kalnuose lietus įsigeria į žemę ir pro versmes maitina upes.

1686 metais fizikas M a r i o t t e'as paskelbė savo „infiltracinę" teoriją: požeminis vanduo atsiranda tik iš drėgmenų, kurių dalis įsisunkia į dirvą. Tas dėsnis sudaro dabartinės hidrologijos pagrindą.

Nuo XVIII-jo šimtmečio pradžios buvo kai kur pradėta sekti vandens horizonto upėse svyravimas. Mūsų Nemune taisyklingos observacijos pradėtos 1811 metais. Upių observacijų palyginimas davė pagrindo pakelti triukšmą dėl upių nusekimo; to pavojingo laivininkystei reiškinio priežastį laikė esant miškų išnaikinimą ir pelkių sausinimą. Daug darbo turėjo hidrologai, kol įrodė visišką šių pažiūrų klaidingumą. O melioracijos darbams tas trukšmas savo laiku daug pakenkė.

Hidrometrinių instrumentų pagalba pradėta matuoti upių vandens debitas — tekančio vandens kiekis; tokie matavimai patarnavo hidrologams jų rimtose upių vandeningumo bei jo svyravimų studijose. Dabar ieškoma svyravimų priežasčių, nustatomas jų periodiškumas ar nuoseklumas, randami ryšiai su įvairiais kosminiais, klimatiniais, geologiniais ir kitais faktoriais, matematinėmis lygtimis reškiamos hidrologinės funkcijos

1865 metais Volger'is daro bandymą sugriauti Mariotte'o dėsnį, iškeldamas „kondensacinę" teoriją: požeminis vanduo susidaro iš vandens garų, kartu su oru įsiskverbiančių į dirvą. Naujos studijos pateisina tas pažiūras; jos galės pakeisti visą hidrologijos sistemą.

XIX-jo šimtmečio pabaigoje patobulinti hidrometrijos įrankiai ir metodai, pagerėjo matavimų tikslumas. Pradėtos taisyklingos okeanų, ežerų ir upių studijos. Kulturingos valstybės įsisteigė specialias hidrologines įstaigas — hidrografinius ar hidrometrinius biurus. Išleidžiama rimtų hidrologinių veikalų su matavimų bei observacijų rezultatais. Pažymėtinos studijos: apie Mississippi — Humphreys'o ir Abbot'o, apie Seną — Belgrand'o, apie Elbą — Ruvarač'o ir Penck'o, apie Dnieprą — Oppokov'o, apie Dalelfą — Wallén'o, apie Nemuną, Pregilių, Vislą ir Oderį — Keller'io, apie Roną — Pardé'o, apie Suomijos upes — Blomqvist'o, apie Švedijos upes — Slettenmark'o, apie Šveicarijos upes ir ledynus — Lütschg'o. Okeanams tirti ruošiamos didelės mokslo ekspedicijos, pradedami tarpvalstybiniai ir tarptautiniai darbai.

Naujas, gyvas ir įdomus mokslas randa įvairiose šalyse adeptų ir pranašų. Siauros politinės ribos varžo mokslinį darbą: gamtos apibrėžti upių baseinai nesutampa su politinėmis „kiniečių sienomis". Hidrologas, kad ir geriausis patriotas būdamas, privalo matyti plačiau kaip laikinos valstybinės ribos! Dėl tos priežasties hidrologų tarpe labai išsiplėtė tarptautiniai ryšiai; veikia keletas tarpvalstybinių ir internacinių hidrologų organizacijų, renkasi jų kongresai ir koferencijos.

Hidrometeorologija.

Apibūdindamas svarbiausių hidrologijos šakų turinį, duodu čia suglaustoje formoje tų dalykų programas ir nurodau žymiausią mokslinę literaturą.

Atmosferinės hidrologijos, arba hidrometeorologijos (l'hydrologie atmosphérique, Hydrometeorologie, Niederschlagskunde), mokslo objektai: vandens garavimas, oro garai, debesiai, drėgmenų kritimo sąlygos; lietus, sniegas, ledai; santykiai tarp drėgmėnų ir nuotakio (kitaip, vandens kiekio Žemės paviršiuje prieauglio ir nuostolių balansas); vandens rato (apyvartos tyrinėjimas; meteorologiniai faktoriai — užšalimas ir paleidimas; ryšiai tarp upių debitų ir klimatologinių svyravimų.

Hidrometeorologiniai tyrinėjimai remiasi meteorologinių stočių observacijomis, pirmoje eilėje lietaus matavimais, temperaturos ir drėgnumo stebėjimais, sniego matavimais. Prie jų priklauso bendros hidrologinės studijos, potvynių studijos ir prognozai, sausmečių prognozai; okeanologai priskiria hidrometeorologijai visus meteorologinius elementus (oro slėgimas, vėjai, drėgnumas ir temperatura, insolacija), kurie atsiliepia jūrių rėžime.

Vienas svarbiausių praktikai hidrometeorologijos uždavinių — empirinės formulės didžiausiam debitui rasti (pav., tiltų angoms nustatyti), teorinei vandens jėgai ir įvairiems hidrauliniams elementams suskaičiuoti.

Svarbiausi darbai iš bendrosios hidrologijos ir hidrometeorologijos srities nurodyti literaturos sąraše (Nr. 11 iki 28, ir vadovėliai Nr. 32—46).

Okeanologija.

Jūrių hidrologija, dažniau vadinama okeanografija (océanographie, Ozeanographie, Thalassologie), užsiima okeanų ir jų šakų — Tarpužemio jūrių — studijomis. Okeanai užima 71% Žemės paviršiaus ploto, turi 3 iki 5 km vidutinio gilumo; jų vanduo pasižymi dideliu kartumu bei sūrumu, ir sudaro visai skirtingą tyrinėjimų objektą.

Okeanografijos kursas paprastai dalomas į jūrių statikos ir dinamikos skyrius.

Jūrių statikos turinys: jūrių klasifikacija, okeano paviršiaus forma, dugno reljefas ir gruntas; vandens temperatura, jos susiskirstymas ir svyravimai; vandens sūrumas ir jo įvairavimai; vandens skaidrumas ir spalva; užšalimo procesai, polarinis ledas.

Jūrių dinamikoje atskirti įvairūs jų judėjimai: bangos, bangų smūgiai, potvyniai bei atoslūgiai, jūrių srovės; vandens cirkulacija, potvynių bei atoslūgių prognozas.

Okeanografija turi savo labai turtingą literaturą, daugiausia mokslinių ekspedicijų apyskaitas (1872—76 metų garlaivio „Challenger“ ekspedicijų darbai išspausdinti 50 dideliuose tomuose!); čia nurodyti tik svarbesni vadovėliai (lit. 57—51).

Potamologija.

Kontinentalinė, arba sausumos, hidrologija turi būti suskirstyta į 4 pakankamai savarankius mokslus: upių, ežerų, ledynų ir pelkių hidrologiją.

Upių hidrologija, arba potamologija (Flusskunde, Potamologie), turi savo objektu vandens nuotakį Žemės paviršiuje. Jos turinys: upių ir jų baseinų geometriniai elementai — ilgiai, platumai, gilumai, nuolydis, tinklo tankumas, vingiai, tėkmės dalys, intakai, versmės, žiotys, šakos, dėltos; hidrauliniai elementai: vandens horizontas ir jo svyravimai, tekėjimo greičiai, vandens debitai ir jų svyravimai; pasvertosios medžiagos, sąnašos ir jų kilnojimas; upės išilginis profilis, skersiniai profiliai, vagos hidrauliniai santykiai, vandens tekėjimo mechanizmas, pulsacija; upių klasifikacija pagal jų maitinimą; upių vandens temperatura, žiemos režimas; upių geologinis darbas.

Potamologijos studijos liečia tiek atskirų upių režimą, tiek visų jų sistemų ir baseinų; ši hidrologijos šaka dar nepakankamai išsiplėtė, dar negali susilyginti su okeanų tyrinėjimais. Esamuose reikaluose bei vadovėliuose potamologija būna jungiama su bendrąja hidrologija. Žymiausi upių hidrologijos vadovėliai nurodyti literaturos sąraše (Nr. 52—54). Prie potamologijos srities tenka priskirti ir mūsų Hidrometrinio biuro metraščius.

Limnologija.

Ežerų hidrologija, arba limnologija (Seenkunde, Limnologie), studijuoja ežerus. To mokslo kūrėjas — Šveicarijos prof. F. A. F o r e l'is; jo Lemano ežero monografija laikoma klasikišku limnologijos veikalu.

Limnologijos programa: ežerų klasifikacijos; ežerų morfologija — forma, plotas, gilumai, dugno reljefas, vandens tūris, perimetras, salos,

krantai; ežerų vandens balansas; horizonto svyravimai, stačios bangos — seišės; ežerų šiluminiai fenomenai; šilimos balansas; ledo danga; vandens skaidrumas ir spalva, srovės ir bangos; ežerų amžius.

Limnologijos vadovėliai nurodyti literaturos sąraše (Nr. 55—57).

Glaciologija.

Ledynų hidrologija, arba glaciologija (Gletscherkunde, glaciologie), taikoma aukštuose kalnuose, kur amžini ledynų laukai slenka panašiai, kaip upės, į slėnius; ją galima pavadinti kieto vandens potamologija.

Vienas žymiausių moderninių glaciologijos veikalų duotas literaturos sąraše (Nr. 19).

Telmatologija.

Pelkių hidrologija sudaro dalį mokslo apie balas ir pelkes (Moorkunde, Telmatologie); dažnai ji neskiriama nuo limnologijos, jei pelkę laikyti esant tam tikrą kiekvieno ežero amžiaus stadiją. Pelkių hidrologija domisi vandens režimu pelkėse, vandens judėjimo mechanizmu, šiluminiu vandens veikimu ir t.t.

Hidrogeologija.

Požeminių vandenų hidrologija, arba hidrogeologija (Grundwasser- und Quellenkunde, l'hydrologie souterraine), turi reikalo su paslėptu po Žemės paviršiumi vandeniu; ji labai svarbi praktikai, ypač vandens tiekimo srity. Hidrogeologijos turinys: požeminių vandenų klasifikacija — dirvos vanduo, grunto vanduo, artezinis vanduo; vandeningi klodai, požeminiai ežerai ir upės, versmės; vandenų kilmė; vandens paviršiaus formos, horizonto svyravimai, versmių ir šulinių debitas; vandens kokybė; vandens temperatura; požeminio vandens ieškojimas; vandens analizas.

Geologai priskiria hidrogeologijai, be požeminių vandenų, dar geologinį vandens veikimą, tiek po žeme, tiek Žemės paviršiuje.

Specialią hidrogeologijos dalį sudaro gydomieji mineraliniai vandenys, kuriais rūpinasi medicinos šaka — hidroterapija — mokslas apie gydymą vandens pagalba; jos skyrius — balneoterapija — gydo maudymu; mokslas apie maudykles — balneologija — skiriamas prie bendro *medicininiškos hidrologijos* mokslo; esama specialių kursų, kurie apima gydomuosius mineralinius vandenis ir purvus, ežerų ir jūrių pliažus, o taip pat kenksmingus sveikatai vandenis.

Hidrogeologijos literatura labai turtinga. Žymiausi vadovėliai nurodyti literaturos sąraše (Nr. 58—64).

Hidrometrija.

Hidrologinių tyrinėjimų metodika sudaro vandenų matavimų mokslo hidrometrijos (Hydrometrie) objektą. Kiek įvairus hidrologijos suskirstymas, tiek platūs hidrometrijos uždaviniai. Ypač išsiplėtė *upių hidrometrija,* su kuria daugiausia identifikuojamas to mokslo vardas.

Svarbiausi hidrometrijos kurso programos klausimai: vandenų geometrinių elementų matavimai; vandens horizonto observacijos; vandens debito matavimas; hidrometriniai instrumentai ir jų tikrinimas; vandens balanso skaičiavimas; kieto debito matavimas; požeminių vandenų tyrinėjimas; matavimai dirbtinėse sąlygose ir laboratorijose.

Hidrometrijos literatura labai plati. Nepilnas jos sąrašas daugiausia rusų kalba buvo mano paskelbtas 1921 metais (lit. 76); ten duota 600 darbų pavadinimų. Hidrometrijos vadovėliai nurodyti literaturos sąraše (33, 40, 54, 63—75), svarbiausi veikalai — lit. 29—31.

Periodica. Kongresai.

Čia pridėtame trumpame literaturos sąraše nurodyti tik svarbiausi hidrologijos darbai. Gausingi darbai sudėti įvairiuose mokslo laikraščiuose, metraščiuose ir kituose veikaluose. Ypač pabrėžtini Rusijos Hidrologinio instituto neperiodiniai leidiniai „Izvestija" ir „Zapiski", kurių išleista jau 29 tomai, Ukrainos vandens ūkio mokslinio instituto „Visti", Prūsų Hidrologinio instituto „Besondere Mitteilungen".

Nuo 1898 iki 1914 metų prof. G r a v e l i a u s buvo leidžiamas specialus hidrologijos žurnalas „Zeitschrift für Gewässerkunde"; išėjo 12 labai įdomaus turinio tomų; gaila, po karo tas svarbus žurnalas neatgijo. Dabar atskirų straipsnių galima rasti įvairiuose techniškuose laikraščiuose. kaip, „Wasserwirtschaft und Wasserkraft". „Die Wasserwirtschaft", „Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie", „Vestnik irrigaciji", „Prace geofizyczne" ir kituose.

Hidrologinių observacijų medžiaga spausdinama specialių įstaigų leidiniuose; Čekoslovakijoje leidžiamas mėnesinis žurnalas „Mesični zpráva hydrologická", Italijoje — „Bolletino mensile", kitur metraščiai: Prūsuose — Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands, Švedijoje — Arsbok, Suomijoje — Vuosikirja. Estijoje — Sisevete Uurimise Büroo Aastara amat, Lenkijoje — Rocznik hydrograficzny, Austrijoje — Jahrbuch des hydrographischen Zentralbureaus, Čekoslovakijoje — Hydrologická zpráva, Vengrijoje — Vizállások, Šveicarijoje — Hydrographisches Jahrbuch der Schweiz, Norvegijoje — Vannstandsiakttagelser i Norge, Lietuvoje — Hidrometrinis metraštis.

Ypačiai matyti hidrologijos pažanga intensiviame internaciniame darbe: kongresuose ir konferencijose. Tame darbe aktingai dalyvauja ir Pabaltijo valstybės.

Iš internacinių susijungimų pažymėtini trys: 1) Moksliškos hidrologijos sekcija prie Tarptautinės Geodezinės ir geofizinės unijos (Section internationale d'hydrologie scientifique de l'Union géodésique et géophysique). kuri turėjo 3 konferencijas — Madride 1924 m., Prahoje 1927 m. ir Stockholme 1930 m. (lit. 80—81): 2) Tarptautinės teorinės ir taikomosios limnologijos draugija (Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie), kuri ruošia hidrobiologų kongresus (5-sis kongresas įvyko Budapešte 1930); 3) Nuolatinė tarptautinė jūrių tyrinėjimo taryba (Conseil permanent international pour l'exploration de la mer) su buveine Kopenhagoje (paskutinė konferencija įvyko Kopenhagoje 1930 m.).

Skyrium nuo šių organizacijų (Lietuva formaliai nė vienoje jų nedalyvauja) eina tarpvalstybinis darbas ir ruošiamos *Pabaltijo valstybių* hidrologų konferencijos (Rygoje 1926, Taline 1928, Varšuvoje 1930 m.); jos pasižymi realiais rezultatais (darbo metodų sulyginimas ir tobulinimas, rezultatais pasikeitimas ir t.t.) ir dideliu referatų skaičiumi (lit. 82—84).

Rusijos hidrologai ruošia gausiai lankomus kongresus, kuriuose dalyvauja ir užsienio svečiai; jau įvyko du kongresai Leningrade 1924 ir 1928 metais (lit. 85—86).

Pirmas bandymas sušaukti *pasaulinį* hidrologų kongresą padarytas 1929 metais Sevilijoje (Ispanijoje), kur įvyko pirmas tarptautinis okeanografijos, jūrių hidrografijos ir kontinentalinės hidrologijos kongresas (lit.87). Daug dėmesio skiria hidrologijos klausimams *Laivininkystės kongresai* (patys seniausi iš tarptautinių techniškų kongresų) ir Pasaulinės *energijos* konferencijos, ypačiai jų specialios sesijos Baselyje 1926 metais (lit. 88) ir Barcelonoje 1930 metais.

Hidrologijos uždaviniai Lietuvoje.

Kaip pasakyta, hidrologija žengia dideliais žingsniais: eina tyrinėjimai rašomi mokslo darbai, renkasi kongresai. Ką gi gero laukiame iš hidrologijos mes, lietuviai?

Pirmoje eilėje privalome pažinti, ištirti savo kraštą. Jei mūsų tauta nori išsilaikyti savo kelioliką šimtmečių gyvenamoje žemėje ir neišnykti kur emigracijoje, neištirpti svetimose jūrsėse, ji privalo pažadinti, išplėsti savo gamtos pajėgas, įtempti savo kūriamąsias galias. Kraštotyra pas mus dar tebelieka nedovanotinai apleista!

Hidrografijos srity svarbu išaiškinti, patikrinti ir sutvarkyti upių bei ežerų vardus, paruošti jų sąrašus ir morfologinį aprašymą. Pradžiai galima pasitenkinti upių ilgių matavimu žemėlapiuose ir kilometražo pažymėjimu. Geografijos vadovėliuose visos žinios, ypač skaičiai, turėtų būti imami tik iš pirmųjų versmių.

Bendroms hidrologinėms sąlygoms išaiškinti reikia išplėsti meteorologinių stočių tinklą; ypač trūksta lietmačių, kurių dabartinėse mūsų sienose reikia pastatyti bent 200. Perretas taip pat veikiančių vandens matavimo stočių tinklas, juo nepaliesta daug svarbių upių ir visi ežerai. Hidrometrinis biuras dabar pakankamai tiksliai studijuoja nuotakį tik didelių upių, kaip, Nemuno ir Neries; tie tyrinėjimai turi būti detalizuojami iki 3 eilės intakų.

Bendrų hidrologinių žinių stoka apsunkina melioracijos darbus. Pelkių ir šlapių dirvų nusausinimo darbai nepaprastai išsiplėtė, metinė sąmata siekia 6—7 mil. litų, o nusausinimo sistemos projektuojamos pagal svetimas normas; tai, mažiausia, neatsargu.

Atliktų seniau tyrinėjimų nepakanka: jie turėjo siauresnius tikslus; pažymėsime Ventos-Dubysos vandens kelio tyrinėjimus, žemutinio Nemuno regulavimą, Nemuno vandens energijos naudojimo sumanymus. Gyvenimas iškėlė daug naujų problemų, kurių sprendimas remiasi hidrologijos elementais. Tiek statoma naujų tiltų, rengiama vandentiekių, steigiama pramonės įmonių; tam skubiai reikalaujamos žinios apie upės režimą, žinios tikros, paremtos ilgomis observacijomis. Dar laimė, kad gavom turtingą palikimą — senas vandens horizonto observacijas! Jau pradėta tvarkyti vandens keliai: taisoma Klaipėdos ir Švenosios žvejų uostai, reguliuojama Nemuno vaga tarp Kauno ir Smalininkų. Nemunas pats primena būtiną reikalą apsaugoti Kauną nuo potvynių ir jų milžiniškų nuostolių. Pagaliau, pradedame galvoti apie mūsų upių vandens energijos naudojimą, rimtai ruoštis realizuot garsios „Nemuno kilpos“ projektą. Ir melioracijos darbuose, ir vandens kelių, ir hidroelektrinių stočių hidrotechniškuose įrengimuose, labai svarbi rolė tenka hidrologijai; tie darbai reikalauja ilgų ir

pagrindingų hidrometrinių tyrinėjimų. Sunkus ir nedėkingas Lietuvos hidrometrų darbas skiriamas šviesesnei krašto ateičiai, kada jis, gali būti, bus tinkamiau įvertintas.

Literatura.

1. E. Оппоков. Гидрология, как наука, и краткий список главнейшей литературы по гидрологии. Вiстi Науководослiдчого Iнституту водного господарства Украiны Г. II, ч. 2. Киiв, 1929, pusl. 171—230.

2. В. Глушков. О гидрологии. Гидрологический Вестник, I, 1. Петроград, 1915, pusl. 1—3.

3. А. Клоссовский. Состав современой геофизики и основные ее пособия. Записки по Гидрографии 34. С. Петербург, 1912, 17 pusl.

4. A. Penck. Die Flusskunde als ein Zweig der physikalischen Geographie. Zeitschrift für Gewässerkunde, I, 1. Leipzig, 1898, pusl. 1—9.

5. E. Imbeaux. Essai-programme d'hydrologie. Zeitschrift für Gewässerkunde, I, 2. Leipzig, 1898, pusl. 68—91 ir toliau.

6. F. Lenz. Hydrographie und Limnologie. III Hydrologische Konferenz der Baltischen Staaten. Warszawa, 1930, 5 pusl.

7. W. Ule. Die Seenkunde und ihre Bedeutung. Zeitschrift für Gewässerkunde, II, 1. Leipzig, 1899, pusl. 55—61.

8. Проект учреждения Российского Гидрологического Института. Отчеты о деятельности Комиссии по изучению естественных производительных сил Росии, состоящей при Российской Академии Наук. Nr, 16. Петроград, 1919, 83 pusl.

9 С. Коллупайло. Зачем нужна Гидрометрия. Материалы для курса Гидрометрии, 1. Москва, 1921, 28 pusl.

10. F. Schaffernack. Die Entwicklung der Hydrologie als wissenschaftliche Grundlage des Wasserbaues. Die Wasserwirtschaft, Nr. 35, Wien, 1929, pusl. 619—624.

10a. W. Kollis. Rozwoj hydrologji jako nauki. Czasopismo Techniczne. Lwow, 1930, 24 pusl.

Svarbiausi hidrologijos veikalai.

11. H. Keller. Niederschlag, Abfluss und Verdunstung in Mitteleuropa. Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands, Bes. Mitt. I, 4. Berlin, 1906, 43 pusl.

12. E. Oppokov. Zur Frage der vieljährigen Abflusschwankungen in den Bassins grosser Flüsse, im Zusammenhang mit dem Gang der meteorologischen Elemente. Zeitschrift für Gewässerkunde, Leipzig 1902—1904, V—6, VI—1, VI—3, VI—6.

13. Е. Оппоков. Режим речного стока в бассейне верхнего Днепра (до гор. Киева) и его сост вных частях в период 1876—1908 г, а частью и в более отдаленное время, в связи с колебаниями атмосферных осадков и температуры в бассейне и с местными условиями стока С. Петербург, I tomas, 1904, 338 pusl.; II tomas, 1913, 354 pusl.

14. Е. Оппоков Вопрос об обмелении рек в его современном и прошлом состоянии. Краткий гидрологический очерк, с некоторыми данными для Днепра и Волги. С. Петербург 1900, 78 pusl.

15. K. Fischer. Die Grundgleichungen des Wasserhaushaltes eines Flussgebietes. Zentrallblatt der Bauverwaltung, 1925, 18, 15 pusl.

16. H. Keller. Ursprung und Verbleib des Festlands - Niederschlags. Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands, Bes. Mitt. 2, 7. Berlin, 1914, 46 pusl.

17. K. Fischer. Niederschlag, Abfluss und Verdunstung des Weserquellgebietes. Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands, 4, 3. Berlin, 1925.

18. H. Keller. Die Hochwassererscheinungen in den deutschen Strömen. Jena, 1904, 104 pusl.

19. O. Lütschg, Ueber Niederschlag und Abfluss im Hochgebirge. Sonderdarstellung des Mattmarkgebietes. Ein Beitrag zur Fluss- und Gletscherkunde der Schweiz. Zürich, 1926, 497 pusl.

20. J. Lugeon. Précipitations atmosphériques, écoulement et hydro électricité. 1. Etudes d'hydrologie dans la région des Alpes. 2. Essai d'une formule donnant l'écoulement en fonction des précipitations. Paris, 1928, 366 pusl.

21. Э. Ольдекоп. Об испарении с поверхности речных бассейнов. Юрьев, 1911, 209 pusl.

22. W. Sikorski. Przyczynki do wyjaśnienia kwestji: Czy kraj nasz wysycha? Warszawa, 1910, 69 pusl.

23. H. Keller. Memel-, Pregel- und Weichselstrom, ihre Stromgebiete und ihre wichtigsten Nebenflüsse. Eine hydrographische, wasserwirtschaftliche und wasserrechtliche Darstellung. Berlin, 1899, 4 tomai, tabelių tomas ir atlasas.

24. R. Drenkhahn. Die hydrographischen Grunlagen für die Planung von Wasserkraftwerken in Südwestdeutschland. Berlin, 1926, 68 pusl.

25. C. Ghezzi. Die Abflussverhältnisse des Rheins in Basel. Mitteilungen des Amtes für Wasserwirtschaft, Nr. 19. Bern, 1926, 82 pusl.

26. M. Pardé. Le régime du Rhone. Etude hydrologique. Lyon, 1925. I: Etude générale, 883 pusl., II: La genèse des crues, 440 pusl.

27. E. Blomqvist. Kymmeneälf och dess vattensystem. Bidrag till Finlands Hydrografi, II. Helsingfors, 1911, 3 tomai, 554 pusl.

28. Dobrowolski. Historia naturalna lodu. Warszawa, 1923, 940 p.

29. J. Epper. Die Entwicklung der Hydrometrie in der Schweiz. Bern, 1907, 86 pusl. ir 125 tab.; tas pats veikalas išleistas prancūzų ir italų kalba.

30. A. Harlacher. Die Messungen in der Elbe und Donau, und die hydrometrischen Apparate und Methoden des Verfassers. Leipzig, 1881, 61 pusl.

31. E. Beyerhaus. Die Abflussmengenmessungen der Rheinstrombauverwaltung zu Cobleuz in den Jahren 1901 bis 1907. Beschreibung der Ausführungsweise und der benutzten Vorrichtungen und Instrumente. Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands. Bes. Mitt. 2, 3. Berlin, 1910, 20 pusl.

Vadovėliai:

a. Bendroji hidrologija ir hidrometrija.

32. С. Советов. Курс общей гидрологии. Москва-Ленинград, 1929, 311 pusl.
33. R. Brauer. Die Grundzüge der praktischen Hydrographie. Hannover, 1907, 233 pusl.
34. R. Drenkhahn. Kreislauf des Wassers und Gewässerkunde. Berlin-Leipzig, 1927, 114 pusl.
35. D. Mead. Hydrology. The fundamental basis of hydraulic engineering. New York, 1919, 647 pusl.
36. А. Быков. Гидрометеорология. Москва, 1928, 131 pusl.
37. A. Meyer. The Elements of Hydrology. New York, 1928, 522 pusl.
38. Я. Гельман. Гидрология. Ленинград, 1924, 183 pusl. (litogr.)
39. W. Ule. Physiographie des Süsswassers. Grudwasser, Quellen, Flüsse, Seen. Leipzig-Wien, 1925, 154 pusl. (Encyklopädie der Erdkunde).
40. М. Марцелли. Некоторые данные по гидрометрии и гидрологии поверхностных текучих вод. Курс внутренних водных сообщений т. I. Москва-Ленинград, 1927, 104 pusl.
41. В. Васильев. Курс практической гидрологии. Москва, 1923, 134 pusl. (litog.)
42. А. Труфанов. Речная гидрология (Учение о поверхностном стоке). Москва, 1923, 84 pusl.
43. М. Великанов. Гидрология суши. Москва, 1925, 192 pusl.
44. P. Gerhardt. Regen, Grudwasser, Quellen und stehende Gewässer. Handbuch der Ingenieurwissenschaft, III, 1. Leipzig, 1911, pusl. 1—115.
45. H. Engels. Handbuch des Wasserbaues, I. Leipzig, 1921. 1: Vorkommen und Bewegungen des Wassers, 2: Gewässerkunde, pusl. 1—314.
46. A. Schoklitsch. Der Wasserbau, I. Wien, 1930, II Teil: Gewässerkunde und Hydraulik, pusl. 41—188.

b. Okeanologija.

47. O. Krümmel. Handbuch der Ozeanographie. Stuttgart, 1907—1911.
48. J. Richard. L'Océanographie. Paris, 1907, 398 pusl.
49. G. Schott. Physikalische Meereskunde. Leipzig, 1910.
50. Ю. Шокальский. Океанография. Петроград, 1917, 683 pusl.
51. И. Шпиндлер. Гидрология моря (океанография). Петроград, 1914—1915. I. Теоретическая часть, 277 pusl.; II. Практическая часть, 317 psl.

c. Potamologija.

52. Gravelius. Flusskunde. Grudriss der gesamten Gewässerkunde, I. Berlin-Leipzig, 1914, 179 pusl.
53. А. Дубах. Жизнь реки (общая потамология). Горы-Горки, 1925, 149 pusl.
54. R. Jasmund. Fliessende Gewässer. Handbuch der Ingenieurwissenschaften, III, 1. Leipzig, 1911, pusl. 116—474.

d. Limnologija.

55. F. Forel. Handbuch der Seenkunde. Stuttgart, 1901.

55a. Ф. Форель. Руководство по озеровед нию (общая лимнология), С. Петербург, 1912, 196 pusl.

56. Е. Марков. О метод х исследования озер. Методика лимнологии С. Петербург, 1902.

57. Инструкция для исследования озер. Имп. Русское Географическое Общество. С. Петербург, 1908, 297 pusl.

e. Hidrogeologija.

58. K. Keilhack. Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde.

58a. К. Кейльгак. Подземные воды и источники С.Петербург, 1914, 534 pusl.

59. E. Prinz. Handbuch der Hydrologie. Berlin, 1919; 2 leid. 1923, 445 p. Berlin, 1917.

60 П. Чирвинский. Учебник гидрогеологии. Ростов на Дону, 1922, 77 pusl

61. W. Koehne. Grundwasserkunde. Stuttgart, 1928, 291 pusl.

62. P. Otockij. Režim podziemnich vod, a jeho zavislost od vozdušnych činitelu. Praha, 1926, 399 pusl.

63. G. Thiem. Hydrologische Methoden. Kurzgefasster Ueberblick der Entstehung, Auffindung und Nachweisung von Grundwasser. Leipzig, 1926, 31 pusl.

64. H. Keller. Gespannte Wässer. Halle, 1928, 90 pusl.

64a. Г. Келлер. Напорные воды. Москва, 1930, 79 pusl.

f. Hidrometrija.

Žiūr. lit. 33, 40, 54.

65. Н. Тяпкин. Приборы для определения скоростей и расходов воды в открытых руслах (реках и каналах). Москва, 1901, 302 pusl. ir 30 tab.

65a. W. Müller. Hydrometrie. Hannover, 1903, 150 pusl.

65b. J. Hoyt & N. Grover. River Discharge. New York, 1907; 4 laida — 1924, 210 pusl.

65c. С. Коллупайло. Гидрометрия. Москва, 1918, 268 pusl. (litogr.).

65d А. Крылов. Гидром трия. Казань 1918, 194 pusl.

66. B. Kerkhof. Practische Hydrometrie. Amsterdam, 1920 (? metai nepažymėti), 115 pusl.

67. S. Hajos. Hidrometria. Vizépités kivál tekintettel hazai viszonyaínkra. Budapest, 1906, 320 pusl.

68. В. Владычанский. Гидрометрия. Ташкент, 1922, 117 pusl.

69. W. Liddell. Stream gaging. New York, 1927, 238 pusl.

70. А. Огиевський та Е. Оппоков. Гідрометрія. Харк в—Ки в 1930, 352 pusl.

71. А. Огиевский. Производство основных гидрометрических работ. Киев, 1930, 218 pusl.

72. E. Montagné et L. Barbillion. La mesure des débits et l'aménagement des usines hydrauliques. Paris, 1927, 201 pusl.

73. Е. Близняк Производство исследований рек, озер, водоразделов, как путей сообщения и источников гидравлической энергии. Москва, 1927, 274 pusl.

74. М. Гришин. Гидротехнические изыскания. Новочеркасск, 1927, (2 laida), 186 pusl.

75. П. Мессер. Руководство по гидрографическим работам, I. Ленинград, 1924, 149 pusl.

76. Б. Аполлов и М. Лукашин. Практическая гидрометрия твердого расхода потоков. Тифлис, 1929, 383 pusl.

Bibliografija. Kongresai.

77. С. Коллупайло. Указатель литературы по гидрометрии. Москва, 1921, 68 pusl.

78. S. Kolupaila. Techniškosios literatūros naujienos. Hidraulikos, hidrologijos ir hidrotechnikos literatūra. Kaunas, 1927—1929. Technika, Nr. 3, pusl. 178—186, Nr. 1, pusl. -76—186, Nr. 5, pusl. 264—269.

79. A. Rundo. Die hydrographischen Institutionen Europas, deren Organisation und Tätigkeit. Wasserkraft-Jahrbuch 1928—29. München, 1929, pusl. 114—160.

80. Section internationale d'hydrologie scientifique. Bulletin Nr. 1, Première réunion plénière de la section (Madrid 1924), Venezia, 1924, 24 p.

81. Section d'hydrologie scientifique. Bulletin Nr. 12. Réunion plénière de la section (Prague 1927). Venezia, 1928, 67 pusl.

82. Die erste hydrologische und hydrometrische Konferenz der baltischen Staaten in Riga am 26. — 28. Mai 1926. Protokolle und Referate. Riga, 1927, 128 pusl.

83. II Baltische hydrologische und hydrometrische Konferenz, Tallin, 17. — 22. Juni 1928. Verhandlungen und Beschlüsse. Tallin, 1928. 35 atskiros brošiūros, viso 400 pusl.

84. III-ème conférence hydrologique des états baltiques, Warszawa, mai 1930. Rapports et communications. Warszawa, 1930. 61 atskira brošiūra, viso apie 700 pusl.

85. Труды перваго всероссийскаго гидрологическаго съезда в Ленинграде 7-14 мая 1924 г. Ленинград 1925, 623 pusl.

86. Труды второго всесоюзного гидрологического съезда в Ленинграде 20—27 апреля 1928 г. Ленинград, ч. I, 1928, 134 pusl,. ч. II, 1929, 581 pusl; III tomas dar spausdinamas.

87. Congreso international de Oceanografia, Hidrografia marina e Hidrologia continental, Sevilla ,1 —7 mayo 1929. T. I. Madrid, 1930, 554 pusl. II tomas dar spausdinamas.

88. Transactions of the World Power Conference, Basle, Sectional Meeting 1926. Basel, 1927, T. I, 1286 pusl., T. II, 1561 pusl.

89. Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie. Stuttgart, 1926, T. III, 512 pusl.



Iš gamtininkų gyvenimo ir darbų.

N. J. Lobačevskij.

Jo gyvenimas ir nuopelnai neeuklidinei geometrijai.

Žinome, kad garbingasis mūsų jubilatas Rektorius prof. V. Čepinskis yra giliai susidomėjęs šių dienų griežtuosiuose moksluose ypatingo svarbumo įgijusia relatyvybės teorija, dalinai išaugusia iš neeuklidinių geometrijų. Todėl šio straipsnio autorius norėtų Jubilatui pagerbti skirtame „Kosmo" n-ry trumpai paminėti gyvenimą ir nuopelnus neeuklidinei geometrijai vieno jos kūrėjų — N. I. Lobačevskij'o, nuo kurio mirties šių metų Vasario mėn 24 d. yra suėję 75 metai.

I.

Kiekvienam inteligentui gerai pažįstamą elementinę geometriją sutvarkė Euklidas (gyv. tarp 350 ir 250 m. prieš Kr.). Ji du tūkstančiu metų stebino žmones savo nepaprastu nuosakumu, logingumu; rodėsi, jog ji visa ištisai gauta griežtos tobulios dedukcijos keliu iš nedaugelio grynų loginių sąvokų: apibrėžimų ir savaime aiškių aksiomų bei postulatų. Tačiau gilūs protai jau senai buvo pastebėję, kad jei Euklido aksiomos ir nekelia abejonių, tai betgi jų atsirado dėl vadinamojo V-jo postulato, kuris lietuviškai galima būtų šiaip formuluoti:

„Statmuo ir pasviroji vienai tiesei, sudarydami vienapus jos du išvidiniu kampu, kurių dviejų suma yra mažesnė už 2d, kryžiuojasi tapus tiesės"

Pats Euklidas nedrąsiai ir tik būtino reikalo verčiamas tą postulatą pavartojo. Kaip Damoklo kardas pakabo ant geometrijos mokslo rimtas klausimas: O kas, jei V-sis postulatas nėra teisingas? Juk tada daug kas mūsų geometrijoje liktų neaišku, nenuosaku ir neteisinga.

Nesenais laikas Helmholtz'as (1821—1894) teisingai nurodė, kad neaiškumų ir sunkumų priežastis eina iš to, kad mes per daug lengvai painiojame mūsų kasdeninio *patyrimo* davinius su *grynojo loginio* galvojimo išdavomis; kad ir Euklido geometrijoj daug kas vedama iš patyrimo ir negali būti gauta grynojo loginio galvojimo keliais, kas, matyti, vis dėlto norima padaryti. Kartu su tuo, remdamasis fiziologinėmis mūsų jutimo organų savybėmis, Helmholtz'as priėjo išvadų, jog mes galime gerai įsivaizduoti ir pažinti tik euklidinės trijų matavimų erdvės savybes, bet dėl mūsų fiziškos organizacijos savumų mes negalime to pasiekti atžvilgiu erdvės, turinčios daugiau matavimų, pav., kažkokį kreivumą: mes tokias erdves galime *tik suprasti*, bet *neįsivaizduoti*.

Graikų senovėje tų dalykų nežinota, bet jau netrukus po Euklido atsirado matematikų, pasiryžusių *įrodyti* abejotinąjį V-jį postulatą, t.y. išgauti jį iš kitų likusių aksiomų bei postulatų. Gal į tai paskatino matematikus ir galingas autoritetas Aristotelio (384—322 m. pr. Kr.), kuris ginčą dėl buvusio neaiškaus sąvokų „aksioma" (ἀξίωμα) ir „postulatas" (αἴτημα) skirtumo išsprendė tąja prasme, kad aksioma vadino tai, kas yra aišku savaime išeinant iš pat žodžio prasmės, o postulatu tai, kas nėra tąja

prasme aksioma, bet vis dėlto priimama esant teisingą be kokių įrodymų. Vadinasi, jis lyg ir laikė postulatus ne taip absoliučiai teisingus, kaip aksiomas, ir tuo gal savaip drąsino matematikus siekti V-am postulatui didesnio aiškumo.

Proklas (410—485) m. po Kr.) tvirtina, jog sau Poseidonijas (I šimtm. prieš Kr.) stengėsi pašalinti V-jo postulato neaiškumą, dėdamas lygiagrečių tiesių teorijos pagrindan kitokį jų apibrėžimą, būtent, vadindamas lygiagretėmis *dvi tiesi, visur lygiai nutolusi nuo viena kitos.* Beveik tuo pačiu laiku Geminas nurodė, jog gali būti linijų, kurios yra lygiagretės Euklido apibrėžimu, bet nelygiagretės poseidonišku, pav., tokios linijos, kaip, hiperbolės, be galo tolstanti nuo viršūnės šaka ir asimptota Ptolomejas (II šimtm. po Kr.) stengėsi įrodyti postulato teisingumą remdamasis lygiagrečių ir jų kertamosios vidujinių kampų sumos savybėmis. Proklas pats mėgino įrodyti V-jį postulatą, pasiremdamas kitu jo suformuluotu ir neva aiškesniu už kalbamąjį postulatą dėsniu (t .y., nauju postulatu): *„Dviejų taškų, esančių dviejuose susikryžiavusiose tiesėse, atstumai gali būti padaryti kiek norima dideli, kai tiesės be galo pratęsiamos“.*

Arabų gadynėje Euklido komentatorius Al-Nirizi (IX šimtm.) mini, kad *Aganis* (kiti mano, ar nebus čia iškreiptas „Geminas“?) įrodęs V-jį postulatą, pasiremdamas jo suformuluotu nauju dėsniu: *„Gali egzistuoti dvi tiesi, vienodai nutolusi nuo viena kitos“.* Originaliai ir giliai dalyką aiškino arabų matematikas Nassir-Eddin (1201—1274), įvesdamas naują dėsnį:*Jei dviejų tiesių r ir s, einančių per atkarpos AB galus, viena yra statmena tai atkarpai, o kita jai pasviri, tai statmenys, nuleistieji iš tiesės s taškų tiesėn r, bus trumpesni už AB tame jos šone, kuriame kampų suma yra mažesnė už 2d, ir ilgesni už AB tame šone, kur kampų suma didesnė už AB“.*

Renesanso laikais, tiekdamas lotinišką Euklido vertimą, Clavius (1537 — 1612) paskelbė ir V-jo postulato įrodymą, paremtą nauju dėsniu: *„Linija, lygiai nutolusi nuo tiesės, yra pati tiesė“.* Renesanso ir kiek vėlesniais laikais V-jį postulatą mėgino įrodyti Cataldi (? —1626), parašęs pirmąjį specialų veikalą tuo klausimu, Borelli (1608—1679), G. Vitale (1633—1711), J. Wallis (1616—1703).

Visų šių įrodymų buvo ta bendra savybė, arba trūkumas, kad jie V-jį postulatą įrodinėjo, įvesdami naujus, kartais kur kas neaiškesnius už įrodomąjį, postulatus.

Naujon vagon pasuko klausimą italas jėzuitas Gerolamo Saccheri (1667—1733). Pasiryžęs įrodyti postulato teisingumą, jis pavartojo du lygiu statmeniu, iškeltu vienai tiesei *a*, vedė per jų dviejų viršūnes tiesiąją *b* ir stengėsi įrodyti, kad jos sudarytieji su statmenimis išvidiniai kampai yra statūs. Jis suformulavo tris hipotezes: 1° — tie kampai yra buki, 2° — statūs, arba 3° — smailūs ir stengėsi rasti pirmojo ir trečiojo hipotezių išvadose išvidinių prieštaravimų.

Pirmąją hipotezę jam kaip ir pavyko nugriauti, nors paskiau paaiškėjo, kad čia jis slapta forma pasinaudojo vėl nauju postulatu, kurio nėra pas Euklidą. Tačiau, kai dėl smailiojo kampo, tai šios hipotezės išvadose jis nesurado prieštaravimų. Saccheri‘s nepastebėjo ėjusių iš to išvadų, kad, laikant smailiojo kampo hipotezę esant teisingą, galima sukurti logiškai nuosaki geometrijos sistema, visai laisva nuo bet kokių išvidinių prieštaravimų.

Toliau už Saccher'į pažengė Šveicarijos geometras L a m b e r t'as (1728—1777), kuris, matyt, buvo susipažinęs su Saccheri'o darbais. Jis taip pat nesurado prieštaravimo III-sios hipotezės išvadose, ir, pastebėjęs, kad, jei ji yra teisinga, tai trikampio kampu suma bus mažesnė už 2d, jis susekė, kad, be to, ji keičiasi kartu su trikampio plotu ir kad jos trūkumas (deficitas) ligi 2d proporcingas trikampio plotui; analogišką dėsnį jis susekė ir n-kampy. Be to, Lambert'as iškėlė absolutinių matavimo vienetų klausimą, o gretindamas savo galvojimo objektus su geometriškais objektais sferiniame paviršiuje, jis jau reiškė mintį, kad smailiojo kampo hipotezė pasiteisina tam tikrame manomame sferiniame paviršiuje.

Saccheri'o ir ypač Lambert'o darbai atvedė matematikų mintį visai arti prie neeuklidinių geometrijų, tačiau joms pasireikšti prireikė dar apie pusę šimto metų. Jos, pasirodo, brendo kelių žmonių galvose; pirmasis priėjo aiškių išvadų ir juos paskelbė jauno Kazanės universiteto jaunas profesorius L o b a č e v s k i j, kurio gyvenimą trumpai čia apžvelgsime, palikdami jo nuveiktųjų matematikoje darbų apžvalgų antrai staipsnio pusei.

N i k o l a j I v a n o v i č L o b a č e v s k i j gimė 1793 m. Lapkričio mėn. 3 d. (senuoju kalendorium — spalių mėn. 22 d.) Žem Naugardo gubernijoje. Jo tėvas buvo menkai materiališkai aprūpintas apskrities architektas (technikas), o jam anksti (1797 m.) mirus, visa šeima atsidūrė dideliame varge, iš kurio pavyko jai išbristi tik dėkui didelei motinos energijai ir sumanumui. Ji išsirūpino savo trims sūnums valdžios stipendijas Kazanės gimnazijoje, ir tuo būdu jie gavo tvarkingai eiti gimnazijos mokslą. pakeldami sunkų internato gyvenimą. N. Lobačevskis mokėsi gimnazijoje labai gerai, buvo labai gyvo būdo vaikas, linkęs net per daug pašposauti, pitkai pašiepti ir vyresniuosius, ir už tai ne kartą buvo baudžiamas.

1807 m. jis įstojo tik ką atidarytan Kazanės universitetan, kuriame pradžioje dėstė žymesnieji gimnazijos mokytojai. Jų ypačiai pasižymėjo ir didelio poveikio jaunam Lobačevskiui padarė K a r t a š e v s k i j, kuris dėstė pavestus jam mokslus su nepaprasta meile ir atsidėjimu, ir elektrizavo tuo klausytojus. Paskiau jis gavo tolesnius mokslus eiti ir pas pakviestus iš Vokietijos profesorius, kurių ypatingai daug paveikė Lobačevskį B a r t e l s, buvęs jaunatvėje G a u s s'o mokytojas, pasilikęs ištikimiausiu jo draugu, nuolatos su juo korespondavęs; tai, kaip matysime, turėjo reikšmės L-io darbams. Antras, labai paveikęs L-į, buvo prof. B r o n n e r'is, kuris labai padėjo studentui L.-iui susidaryti kilnius filosofinius, pedagoginius ir asmeninio bei visuomeninio gyvenimo idealus.

Studentas Lobačevskis buvo labai gyvo būdo, veikliai dalyvavo studentų pramogose, šposuose, kartais net piktuose; vyriausybės buvo laikomas esąs neklusnus, ir dėl to pradžioje net gavo nukentėti jo karjera universitete, ir universiteto taryba net nenorėjo pripažinti jam matematikos kandidato laipsnio. Kai tačiau, atsižvelgdama į jo tikrai didelius gabumus, ji jam tą laipsnį suteikė, jis labai susigriaudino, iškilmingai, nuoširdžiai pasižadėjo rektoriui pasitaisyti ir to žodžio šventai laikydamasis, tapo visai kitas žmogus. Sekamam tarybos posėdy jam be egzaminų buvo suteiktas magistro laipsnis už darbelį: „Dangaus kūnų elipsinių kelių teorija". 1813 m. jis, sekdamas G a u s s'u, parašė darbelį: „Apie algebrinių lyčių $X^n—1=0$ sprendimą".

1812 m. L. buvo pakviestas dėstyti organizuotuose universitete kursuose valdininkams. Nepaprastai gražiai ir karštai dėstydamas dalykus kursuose, jis atkreipė savęsp universitetinės vyresnybės dėmesį. Kadangi, be to, jis, kaip magistras, labai gražiai aiškino studentams jų nesuprastas profesorių paskaitų vietas, tai jau 1814 m. buvo paskirtas adjunktu, 1816 m. — profesorium, ir 1820 m, — išrinktas dekanu. Tuo laiku paskirtasis mokslo apygardos globėju obskurantas Magnickij per keletą metų išvaikė geriausius profesorius ir visai suardė universitetą, pavertęs jį kažkokia kareivine, arba kalėjimu. Lobačevskis liko neliestas tik dėlto, kad siaurapročiui Magnickiui visai buvo nepasiekiami L-io dėstomieji mokslai ir nesisekė paversti carizmo garbinimo įrankiu.

Lobačevskis susikaupė savyje, kurdamas naują geometriją ir iškentėjo juodus Mangickio laikus Užtat kai tas universiteto slogutis buvo pašalintas, 1826 metais išrinktas rektorium jaunas Lobačevskis iškilmingame universiteto posėdy pasakė gražią, entuziazmingą kalbą apie mokslo ir auklėjimo tikslus bei uždavinius, ir apie švietimo idealus. Jis šaukė universiteto darbuotojus visomis pajėgomis dirbti ne tik mokslui, bet ir plačioms minioms šviesti. Jo aistringa kalba elektrizavo jaunuomenę ir geresniuosius jo bendradarbius, ypač, kad L. ir savo karštu darbu ėmė rodyti, jog tais gražiais jo žodžiais seks kilnūs darbai. Iš tiesų: būdamas nepaprastai apkrautas profesoriaus ir rektoriaus (20 metų!) darbais, jis plačiai skleidė šviesą visuomenėje, nuolatos laikydamas viešąsias paskaitas, laikydamas ir visai popularias paskaitas liaudžiai.

Lobačevskis matė, kad baigusieji universitetą, pasirinkę mokytojo profesiją, negauna išsinešti iš jo žinių, reikiamų jų profesijai. Todėl jis sava iniciativa ėmė laikyti būsimiems mokytojams pedagoginio pobūdžio paskaitas, davinėti nurodymų, patarimų; ragino tan darban savo kolegas, kitus profesorius, ir tuo būdu sukūrė universitete kaip ir pedagogikos institutą, kuris labai gražiai patarnavo mokytojams ir aukšteniajai mokyklai, nes L. tame bendrame su studentais darbe plačiai nagrinėjo matematikos dėstymo tikslus, programas, vadovėlius ir kitą matematinę literaturą; jis ragino ir pratino mokytojus rašyti savo specialybės raštus, vadovėlius.

Universitetui Lobačevskis dirbo visa širdžia. Jis sutvarkė ir praturtino pakrikusias universitetines institucijas; ilgus metus vedė universiteto biblioteką, sutvarkė ir racionališkai ją padidino. Visą laiką būdamas universiteto statybos komiteto pirmininku, jis nepaprastai energingai vedė statybą ir, kad geriau patsai joje orientuotųsi, rimtai išstudijavo architekturos mokslą ir nusimanė apie jį kaip geras architektas. Kaip jauno besitvarkančio universiteto rektorius, gaudavo dalyvauti daugybėje visokių posėdžių ir juose pirmininkauti; pasirodo, jis visų tų susirinkimų protokolus pats vesdavo ir universiteto archivuose esą išlikę visi tie protokolai jo ranka gražiai surašyti. Paplitus Kazanėje cholerai, jis nepaprastai energingai, planingai ir sumaniai ėmėsi priemonių universiteto personalą ir studentus ginti nuo baisios ligos. Dėlto universiteto trobesiuose gyvenusių 560 žmonių nedaugelis susirgo cholera ir tik 13 žmonių mirė tuo metu, kai mieste mirusių nuošimtis buvo kelissyk didesnis, nežiūrint to, kad unversiteto patalpos buvo naudojamos ligoniams laikyti ir gydyti. Už visus tuo darbus Lobačevskis.buvo visų gerbiamas, ir ne kartą gavo didelių pagyrimų bei garbingų dovanų nuo paties caro. Tačiau kap mokslininkas kūrėjas jis ne-

buvo suprastas. Jo skelbtieji išradimai net ir nemenkų matematikų buvo neįvertinti ir net skaudžiai pašiepiami; jie daugelio buvo laikomi savotišku didelio žmogaus „keistumų“ vaisiumi.

Be matematikos, Lobačevskis gyvai domėjosi kitais tiksliaisiais ir gamtos mokslais (astronomija, fizika, chemija, botanika). Juose jis eksperimentavo, stengėsi surasti naujų priemonių nusistatytiems tikslams siekti; jis, pav., sukonstruavo savotišką termometrą, kad galima būtų tiksliai matuoti dirvožemių temperatūrą, kurios didelę svarbą žemės ūkiui jis įvertino geriau už anų laikų specialistus agronomus. Įgytąsias gamtos mokslų žinias jis stengėsi panaudoti ir praktikos reikalams: gavęs žmonos kraičio dvarelį ir paskiau antrą pats įsigijęs, jis vasaros atostogų metu rūpinosi tais ūkiais, stengėsi sutvarkyti juos kuo racionaliausiai, įvedė į juos daug naujovybių, ragino savo apsileidusius kaimynus dvarininkus daryti tą pat. Už tai buvo tamsių kaimynų nemėgiamas ir, ištikus neišvengiamiems nepasisekimams dėl padėjėjų ir gerų vykintojų stokos, buvo jų godžiai ir piktai pašiepiamas.

Vedė iš meilės jau turėdamas 45 m.; turėjo trejetą sūnų ir vieną dukterį, tačiau šeimos gyvenime nebuvo laimingas. Žmona buvo kitokio būdo žmogus: karštuolė, bet nuoširdi ir atvira, mėgo linksmumą, triukšmą, savotiškai žiūrėjo į vaikų auklėjimą Lobačevskis stengėsi nevaržyti jos, bet moralinės paramos iš jos neturėjo. Platus gyvenimas ir žmonos brolio nesąžiningumas suardė Lobačevskio materialinius reikalus, dvareliai buvo parduoti iš licitacijos, namai Kazanėje apiašyti. Iš vaikų L. nesusilaukė paguodos. Vyresnysis sūnus, buvo labai panašus į tėvą, pasižymėjo nepaprastai gabumais, tačiau, motinos lepinamas, pasidavė jauno gyvenimo pagundoms, suardė savo sveikatą, susirgo džiova ir, dar studentu būdamas, mirė, suduodamas tėvui skaudžiausią smūgį. Kiti sūnūs liko visai svetimi tėvo aukštiems idealams, blogai mokėsi ir nuėjo niekais; duktė nelaimingai išėjo už vyro; greitai gavo persiskirti ir grįžo morališkai sulaužyta pas tėvus. 1846 m. visai nelauktai Lobačevskis liko atleistas nuo rektoriaus ir profesoriaus pareigų dėliai tamsių intrigų, kurios susivijo gūžtą, rodos, vietinio archierėjaus prieglobsty. Tiesa, L. buvo paskirtas mokslo apygardos globėjo padėjėju. Naujoje tarnyboje jis labai sąžiningai ėjo pareigas, nuoširdžiai rūpindamasis mokytojų, mokinių ir mokyklų reikalais, tačiau šis darbas jau nebuvo toks, kuris būtų galėjęs įkvėpti jam vis naujos energijos. Su skausmu širdy L. atsisveikino su Kazanės univeritetu, kuriame dirbo pats jo įsisteigimo pradžioje kaip studentas, vėliau 32 metus kaip profesorius, dekanas ir rektorius. Jis ir būdamas mokslo apygardos globėjo padėjėju lankydavosi universitete, dalyvaudavo egzaminuose, privačiai laikydavo paskaitas artimiausiems savo draugams ir geriausiems studentams iš savo „įsivaizduojamosios geometrijos“ *(voobražajemaja geometrija)*, tačiau ir čia ne visų buvo suprastas ir įvertintas. Jo aukštas, liesokas stuomuo ėmė pamažėli lenktis, galva svirti....

Pagalios pribaigė jį skaudi fizinė nelaimė: jo akys ėmė nepataisomai silpnėti ir paskutinius gyvenimo metus liko visai aklas... 1856 m. Vasario mėn. 24 d. (senu kalend. 12 d.) jis mirė ištaręs paskutinius žodžius: „Ir gimė žmogus tam, kad mirtų“.

(Bus daugiau). *Prof. Z. Žemaitis.*

Ludwig Boltzmann.
(1844—1906).

(25 metų jo mirties sukaktuvėms paminėti).

L u d w i g'as B o l t z m a n n'as, gimęs 1844 m. Vasario mėn. 20 dieną Vienoje, buvo fizikos profesorius Graze, Vienoje, Münchene, Leipzige, paskui nuo 1902 m. vėl Vienoje. Mirė 1906 m. Rugsėjo mėn. 6 dieną Duino'je prie Triesto. Jo darbai liečia dielektrinę konstantą, kinetinę dujų teoriją ir termodinamiką. Ji parašė „Vorlesungen über Maxwells Theorie der Elektrizität und des Lichts" (1891—1893), „Vorlesungen über die Prinzipe der Mechanik" (2 dalys, 1897—1904, trečioji dalis 1920), „Vorlesungen über Gastheorie" (1895—1899), „Wissenschaftliche Abhandlungen" (1909), „Populäre Schriften" (1905; antroji laida 1919).

Tai buvo fizikininkas materialistas. Jam gyvenant, jo darbai nerado jokio palankumo kitų mokslininkų tarpe, matė vien tik aštrią kritiką. Negalėdamas tinkamai atremti visų užpuldinėjimų, neįstengdamas įrodyti savo pažiūrų ir nusistatymų teisingumų ir nustojęs vilties apginti tą ideją, dėl kurios jis dirbo visą savo amžių, L. B o l t z m a n n'as nusižudė. Tik po tragingos mirties Boltzmann'o vardas atgijo, ir jis patapo tikras skleistųjų idejų triumfatorius.

Susipažinkime, kad ir trumpai, su jo pagrindinėmis mintimis ir svarbiausiais darbais.

Ačiu Boltzmanno darbams, kinetinė dujų teorija įgavo savo nūdieninę lytį. Jis nustatė statistikinės fizikos pagrindinius principus, jis aiškiai nusakė itin garsią vadinamąją H-teoremą, kuri riša entropę su matematiniu tikimybės apibūdinimu.

Jo tyrinėjimai parodė antrąjį termodinamikos dėsnį štai ką reiškiantį: bet kuri izoliuota sistema savaime krypsta iš mažiau patikimos būklės į daugiau patikimą būklę, tačiau ši tendencija nėra absoliučiai būtina, bet tik labai patikima.

B o l t z m a n n'as n u s t a t ė e n t r o p ę p r o p o r c i n g ą t i k i m y b ė s l o g a r i t m u i.

Jis nusakė pagrindinį absoliučiai juodo kūno dėsnį: *vienas absoliučiai juodo kūno paviršiaus dvimatis centimetras praleidžia spinduliuojamosios energijos kiekį, tiesioginiai proporcingą ketvirtajam absolutinės temperaturos laipsniui.*

Šios mintys šiandien klasikinės, jas visi dabar turi žinoti. O jų autorius 1906 metais nusižudė, nes jos ne tik nebuvo popularios oficialiame mokslininkų tarpe, bet buvo smarkiai kritikuojamos, paklydimu, beveik nesąmone vadinamos.

Mat, jų autorius turėjo savotiškų filosofinių ir medotologinių principų. Boltzmann'o laikais termodinamika rėmė idealistiniai nusistačiusius mokslininkus, kurie matė termodinamikoj neišsemiamą versmę įrodymų prieš materialistinę pasaulėžiūrą. Boltzmann'as ėmė kinetinę mintį taikinti aiškindamas grąžius ir negrąžius procesus, atseit, jis kuo ne visai sūrišo termodinamiką su atomistika. Ši pažiūra vertė Boltzmann'o priešininkus kelti abejonių dėl pačios kinetinės dujų teorijos, nes jos pagrindas tebebuvo atominė hipotezė, vis dar hipotezė.-eksperimentai jos dar nebuvo įro-

dę. Todėl O s t w a l d'as ir M a c h'as drąsiai ėmė skelbti atomistiką esančią fantaziją. Nebuvo analizinamas reiškinių vidaus mechanizmas, vyravo grynas aprašymas, rūpėjo tik nustatyti paprastus reiškinių kiekybinius santykius. Tai fenomenologinis metodas; jis užkirto kelią mechaniniam metodui. Reiškia, buvo paskelbtas pasenėjęs teorinis Baltzmann'o nustatytas ir ištirtas pagrindas. O po to ėmė kibti prie atskirų smulkmenų. Ėmė griauti matematinius pagrindimus, ypač P o i n c a r é, kad įrodytų visišką Boltzmann'o minčių nemokslingumą.

Nors matematinę klausimo pusę atstatė gabus Boltzmann'o mokinys E h r e n f e s t'as, vis dėlto, minint O s t w a l d'o, M a c h'o, P o i n c a r é's vardus, aišku darosi, kodėl Boltzmann'as pasiliko vienas vienintelis.

Po Boltzmann'o buvo paskelbtas A. E i n s t e i n'o darbas apie B r a u n'o judėjimą ir M. P l a n c k'o darbai apie spinduliuojamosios energijos teoriją. Tiedu mokslininku atstatė kinetinę medžiagos teoriją, ir Boltzmann'o darbai tapo paskelbti klasikiški. Bet Boltzmann'o gyvųjų tarpe jau nebebuvo.

Susipažinkime su kai kuriais Boltzmann'o minčių bruožais.

Boltzmann'as buvo teorininkas ir štai kaip jis žiūrėjo į objekto bei subjekto santykį ir mokslinę teorijos esmę.

1. „Teorijos tikslas", jako jis[1]: „yra ne kits kas, tik konstruavimas vien mumyse esamo išorinio pasaulio atspindžio, kuris turi būti visų mūsų minčių ir eksperimentų kelrodis... Žmogaus išminties savotiškumas verčia sudaryti tokį atspindį ir vis daugiau ir daugiau pritaikinti jį prie išorinio pasaulio"

2. Boltzmann'as griežtai skiria reiškinių „aprašymą" ir jų „paaiškinimą". Aprašymo teorija reikalaujanti tiesioginių tyrimų davinių, visai nekuriant jokių teorijų, galinčių išeit iš turimų davinių, atmetant bet kuriuos samprotavimus dėl tyriamųjų reiškinių esmės objektivumo. Paaiškinimo teorija verčia, nustatant gamtos dėsnius, visai nesisaugoti išsilaikyti tik davinių ribose, bet, taikanti samprotavimus dėl tiriamųjų reiškinių objektivinės stukturos, stengtis pasiekti tų reiškinių vidaus objektivinį mechanizmą. Paaiškinti, sako jis, nereiškia aiškinamąjį atvesti prie kažko jam svetimo, esančio už jo ribų. Paaiškinti — reiškia suskirstyti sudėtinį reiškinių kompleksą į jo dedamus elementus, išanalizinti juos ir atstatyti komplekso vaizdą. Žinia, tam tikros ribos pasiekęs, šis procesas turi apsistoti. Paprastesnieji pagrindiniai dėsniai ir faktai negali sudaryti paaiškinimo objektą; juos galima tik aprašyti. Reiškia, tam tikro laipsnio aiškinimo procesas apsistoja ir pereina į aprašymą. Toks aprašymas jau turi ir hipotetinių elementų. Sudarant teorijas, hipotetinis elementas tikrai reikalingas. Samprotavimus valdo „didesniosios tiesios" kriterija, kuri yra ne logika, ne filosofija, ne metafizika, bet tik technikos pažanga. Technikos pažanga nėra pašalinis gamtos mokslų padarinys, bet logingas įrodymas. Neatsiekę praktinių rezultatų, nežinotume, kaip reikia samprotauti. Tik praktiškų pasėkmių turį samprotavimai teisingi[2]. Tik nuolat perdirbinėdami ir transformuodami tą hipotetinę medžiagą, nuosakiai artėjame prie

[1] L. B o l t z m a n n, Očerki metodologii fiziki. Moskva 1929, 31 pusl.

[2] Populäre Schriften, 394 pusl.

tiesos. Todėl gamtos mokslų teorijos nėra dogmos. Tam tikri objektivinę tikrenybę atspindintieji elementai vis auga ir auga, ir mokslas asimptotiškai vis artėja ir artėja prie absolutinės tiesos.

3. Nors Boltzmann'o pažiūros materialistinės, bet tai nereiškia, buk jis pats save taip vadino. Jis saugojosi griežtai ir aiškiai pasisakyti materialistas esąs. Jo veikaluose galima užtikti ir tokių minčių (nors ir itin retai): „Tiesa, žinia, jog tik beprotis ims neigti Dievo buvimą, tačiau, taip pat tiesa, kad visos mūsų dingstys apie Dievą yra tik nepakankami antropomorfizmai, ir kad visa, kas mūsų įsivaizdinama Dievu taip, kaip mes įsivaizdiname, neegzistuoja. Todėl, kai vienas sako esąs įsitikinęs Dievo esimu, kitas -- netikįs Dievą, tai gali atsitikti. jog juodu abudu, pačiuodu nesuprasdamu, mano tą patį"[2].

4. Eikime prie Boltzmann'o pažiūrų į fizinį pasaulį.

A). *Energijos patvarumo dėsnis.* Galilei'jo ir Descartes'o principais besiremdama klasikinė fizika, stengėsi išsilaikyti mechanistinė, visus reiškinius bandė suvesti prie judėjimo. R. Mayer'io, Joule'o, Colding'o, Helmholtz'o darbai, galutinai nustatę energijos patvarumo dėsnį, tačiau klasikinės fizikos krypties nepakeitė. Taip Clausiaus, taip Helmholtz'o bendras energijos patvarumo dėsnio formulavimas galėjo tilpti mechanistinėj pasaulėžiūroj. Juk, jeigu bet kurios uždaros sistemos energija yra patovus dydis, nes visi energijos pasireiškimai yra tik pakaita vienos jo lyties kita, sekant ekvivalentingus santykius, tai fizikininkai drąsiai galėjo spiginti, būk įvairūs energijos pasikeitimai yra tik judesio pakitėjimo išdava.

B.). *Antrasis termodinamikos pradmuo.* Clausiaus darbų aiškiai įgyvendintas Carnot'o principas sako pasaulio procesų eigą esančią ne grąžią (ne grįžtamą), arba ją einančią viena tam tikra linkme. Pats antrojo termodinamikos principo formulavimas tai rodo: Perrin'as siūlė tai taip formuluoti: *izoliuota sistema dukart per tą pačią būklę nepraeina* Jei visi procesai eina viena linkme, energijos įtampos išsilyginimo linkme, tai galima sakyti pasaulį slenkantį prie visiško visų energijos įtampų išsilyginimų, prie „šiliminės mirties". Pasaulio istorija, nelyginant žmogaus istorija, nesikartoja. Pasaulio procesų negrąžumas klasikinei mechanikai sukėlė virtines sunkumų. Jei visus fizikos reiškinius tikrai galėtų suvesti prie klasikinės mechanikos principų, tai paliktų visai neaiškus energijos išsiblaškymo (išsigimimo) dėsnis. Mechanikos procesai grąžūs, šilimos negrąžūs. Iš čia — energetinė ir mechanistinė pasaulėžiūros.

C). *Energetika.* Energetikai visai atmetė energetinių dėsnių mechanistinį aiškinimą. Fizikos reiškinių teorija turi būti ne kitas kas, tik paprasti matematiniai tyrimų davinių santykiai. Ostwald'as: „ji turi įimti ne daugiau ir ne mažiau, kaip faktus (t. p).. Įvairių energijos lyčių ekvivalentingumą reiškiančiosios lygybės teikia tik sąlygas, kurios leidžia vieną jų pakeisti kita. Įvairių energijos lyčių visai nėra reikalo suvesti prie vienos — mechaninės. Bet kuri lytis turi savas savybes. Todėl energijos vienas lytis reikia laikyti tarsi nesuvedamas prie kitų. Tai ir sudaro, anot energetininkų, fizinės teorijos pagrindą. Energetinės fizikos medžiagą sudaro algebriškai nustatomieji dydžiai, mechaninės fizkos — geometriškai

---

[2] Populäre Schriften, 3 laida. 1925 187 pusl.

ir mechaniškai. „Naujoji fizika" norėjo būti paprastas savybių aprašymas, jai visai nerūpėjo paaiškinimai. Jos aprašymams visai pakako abstraktinės matematikos kalbos.

Energetininkai nemokėjo mechaniškai išaiškinti negrąžiuosius procesus ir suderinti mechaninę šilimos teoriją su antruoju termodinamikos principu. Čia kelius nurodė Boltzmann'as.

Taip energetika. taip kitos fenomenologinės fizikos kryptys teikė Carnot'o principui universalinį ir absolutinį tikslumą. Prieš tai stojo Boltzmann'as, kitaip, juk materialistinė pasaulėžiūra būtų nukentėjusi, nes tai leistų samprotauti apie tam tikrą viso Kosmo pradžios būklę ir apie pasaulio galą. Tiesa, tiesiog savo veikaluose apie tai Boltzmann'as nekalba.

D). *H-teorema.* Šiam reikalui kaip tik Boltzmann'as paskelbė savo H-teoremą. Mokslininkai idealistai šią teoremą sutiko su didele neapykanta. Ši teorema pakeitė pažiūras į pagrindines termodinamikos sąvokas. Ji leido laikyti antrąjį termodinamikos principą tik statistikiniu dėsniu. Pirmasis principas rodo tai, kas visados yra, antrasis — tai, kas beveik visais atvejais atsitinka, bet toli gražu nevisados. O dėlto grąžumo problema gali būti išspręsta, ir pasaulis atsipalaiduoja nuo „šiliminės mirties".

Pats Boltzmann'as, H teoremos išvadomis, piešia pasaulio vaizdą[4]. Pasaulis yra ne kitas kas, tik labai didelio dalelių skaičiaus sudaryta ir gyvojanti neįmatuojamai ilgai mechaninė sistema. Mūsų žvaigždžių pasaulis itin mažas, derinant jį su šia sistema, o epochų laiko tarpai be galo maži, turint galvoj tos sistemos amžių. Beveik visur sistemoj vyrauja šiliminė pusiausvira, ir jos išvada — mirtis Tačiau kai kur toj sistemoj trumpiems laiko tarpams (derinant su jos amžiu) susidaro nukrypimas nuo terminės pusiausviros. Skaičius tokių sistemos dalių, kurių būklės tikimybė auga, lygus skaičiui tų, kurių tikimybė eina mažyn. Abi visos sistemos laiko linkmes neatskirsi; lygiai taip, kaip ta sistema kad neturi nei viršaus, nei apačios. Tačiau visai taip pat, kaip tam tikroj mūsų planetos paviršiaus vietoj mes laikome apatinę linkmę tą linkmę, kuri rodo į Žemės centrą, tam tikro individualinio pasaulio gyvi padarai tam tikru metu atskirs laiko linkmę prie mažiau patikimų įvykių nuo daugiau patikimųjų: pirmu atveju jie laikys praeitį bei pradžią, antru atveju — ateitį bei galą. Taip galvojant, tam tikrai nedideliai sistemos daliai, tuotik ėmus laiką skaičiuoti, būklė visados bus mažai patikima. Šitą metodą Boltzmann'as mano vienintelį, kuris leidžia pripažinti antrąjį termodinamikos principą, terminę bet kurio pasaulio mirtį; visai neverčiant pripažinti visos sistemos grąžumą ir visai nemanant, būk ji eina nuo tam tikros pradžios būklės prie tam tikros galutinos būklės.

H-teoremos įrodymas leido Boltzmann'ui mechaniškai interpertuoti termodinamiką ir suduoti smūgį fenomenologinei fizikai kaip tik toj srity, kur. ši ypač stipriai jautėsi.

Boltzmann'o samprotavimus, gražiai jo paties veikaluose atpasakotus, pravartu visiems fizikininkams kartkartėmis pasiskaityti, kad pasimokytum jo laisvai skelbiamas ir jėga kitiems neprimetamas pažiūras taikinti fizikos reiškiniams aiškinti. Sklandi, laki, gili, vaizdžiai reiškinių mechanizmo esmę nurodanti Boltzmann'o šiandien klasikinė fizikos teorija.

Kaunas, V. D. Universitetas. *Ig. Končius.*

[4] Vorlesungen über Gastheorie, II, 1923, 257 pusl..

Šilimos pavertimas į darbą.

Pastangų istorija Ch. A. Parsons'o mirties (1931. II. 11) proga.

Šių metų Vasario mėn. 11 dieną, 77 metų amžiaus sukakęs, mirė garsus reaktivios garo turbinos išradėjas anglų inžinierius Sir Charles Algernon Parsons. Kiek anksčiau, 1913 m., jaunesniame amžiuje mirė taip pat garsus, gal nenialesnis už Parsons'ą, aktivios garo turbinos išradėjas švedų inžinierius Carl Gustav de Laval'is. Šiuodu vyru laikomi garo turbinos tėvais, abu gyveno beveik tuo pačiu laiku ir visai nepriklausomai nuo vienas kito, savarankiškai ir skirtingais keliais išrado visai naują aukšto ekonomingumo garo variklio tipą, siekiantį labai didelių galingumų.

Šito straipsnio uždavinys pagerbt atmintis tik ką mirusio inžinieriaus Parsons'o, trumpai sustot ties jo ir de Laval'io nuopelnais šiluminių variklių srity, ir primint etapus, kuriais mokslo ir technikos buvo einama, kad iš kuro pagamintų jėgas ir darbą.

Jau senai žmonės pastebėjo, kad gamta yra geriausias jų mokytojas. *Natura optima magistra*. Jos procesų stebėjimai įgalina žmones aptikt ir suformuluot įvairius dėsnius, palenkiant protą prie tikrovės; tų dėsnių ištisa eilė paskatina tolimesnes kartas padaryt praktikai tinkamus išradimus lenkiant jau pačią tikrovę proto išvadoms ir pergalei. Tokios tvarkos prisilaikydama, žmonija žengė priekin, gerindama savo gerbūvį ir siekdama pažint naujas sritis. Panašiai buvo pasielgta ieškant nurodymų gamtoje, kaip iš kuro bei šilimos gauti jėga ir darbas. Čia visi gyvuliai, neišskiriant ir žmogaus, nurodė kryptį, kurios reikia laikytis šio tikslo siekiant.

Gyvuliai ir žmonės, vartodami įvairių rūšių maistą, jį virškindami, siekia dvejopo tikslo: atnaujinti nuolat susidėvinčius ir irstančius organizmo audinius bei celes ir plėtoti organizmo būklei ir darbui reikalingąją šilimą. Audiniams atnaujinti reikalingos medžiagos, iš kurių organizmo audiniai yra sudaryti, kaip. vanduo, įvairios druskos, baltimai ir tų medžiagų įvairios kombinacijos. Šios medžiagos. kaip turinčios savyje daug azoto, vadinamos baltimų bei azotinėmis medžiagomis; grybai, pavyzdžiui, baltimų turi daugiau už daržoves ir vaisius; daug jų turi žuvys. Šilimai gauti reakalingos medžiagos, kurios gali degti, vadinasi, turinčios daug grynanglio (C) ir vandenilio (H), nes šių medžiagų jungimasis su deguonimi (O) išplėtoja šilimą. Čia šiam tikslui tinka įvairūs riebalai, cukrus, krakmolas, bei šiomis medžiagomis gausingas maistas, kaip. mėsa, miltai, duona, daržovės, nes juose yra daug degančių medžiagų. Žmogui per parą reikalinga suvartot $\frac{1}{4}$ svaro baltimų, $\frac{1}{8}$ svaro riebalų ir $1\frac{1}{4}$ svaro krakmolo, kad išplėtotų apie 3500 kalorijų ir suteiktų pakankamo atnaujinimo audiniams; sunkų fizinį darbą dirbančiam reikia išplėtot net 7000 kalorijų, tat ir maisto reikia suvartot daugiau. Organinės ir mineralinės maisto medžiagos, patekusios į organizmą, it į kokią krosnį, ir paliestos įvairių cheminių procesų, virškinimo metu, kinta. atstato celes, dega, gamina šilimą ir per raumenis, it kokias mašinas, svirčių dėsniu, virsta tinkamo dydžio mechaniniu darbu; šilimos darbu virtimas turi vykti pagal mechaninį šilimos ekvivalentą. kaip tai vėliau pamatysime.

Žmonės, pažinę savyje gamtos pavartotą būdą iš kuro darbui gauti ir tą patį būdą taikindami gyvuliams, iš pradžių jaukino ir augino sau nau-

dingus gyvulius, naudodami juos sunkiam darbui atlikti; kol darbui paklausa buvo nedidelė, gyvulių darbo užteko žmogui padėti; ilgainiui tačiau gyvenimas pareikalavo iš žmogaus ieškot dirbtinių priemonių didesniems darbams atlikti, įkinkant gamtos jėgas sau pagelbon, kaip, vandenį, vėją ir kitas jėgas. Nepasitenkinus šiomis jėgomis, prisiminta buvo gyvulių maistas bei kuras, ir pradėta eit šiuo keliu prie darbo, nors jis buvo ilgas ir nelengvas.

Benjaminas Thompson'as, vėliau įgijęs Rumford'o vardą, dirbdamas Müncheno arsenale, 1798 m. pastebėjo, kad, tekinant kanuolių tutas, jos labai įkaista ir panertos drauge su įkaitusiu tekinamuoju peiliu vandenin, įšildo vandenį net iki virimo temperaturos. Kadangi tekinimo darbai buvo atliekami dviejų arklių pagelba, kuriuos reikėjo šert, tai Rumford'as priėjo išvadą, kad tą pačią šilimą ir darbą galima būtų išplėtoti sudeginus arkliams sušertąjį maistą, kaipo kurą ir kad šilima tokiu būdu visai nėra kuri nors medžiaginė substancija, kaip iki tol buvo manoma. Toliau protaudamas, Rumford'as išvedė, kad šilima turinti būti tam tikra judėjimo rūšis, nes ji judėjimo (darbo) pagelba ir gaunama. Ryšys tarp šilimos ir judėjimo kiek smulkiau jau mano paliestas straipsny: „Šilima ir kraštutinės temperaturos". (Kosmos, 1930 m.).

Prancuzų kapitonas Sadi Carnot'as (1796—1832) ir kiek vėliau Clapeyron'as (1834) ir vokiečių fizikas Rudolfas Clausius (1822—1882) tiksliai nustatė šilimai mechaninės teorijos dėsnius ir grafiniu būdu atvaizdavo šiluminiams procesams ciklius, taip gerai žinomus iš termodinamikos ir sudarančius jos pagrindą. 1847 metais medicinos daktaras ir fizikos profesorius Hermanas Helmholtz'as Berline aptiko energijos išlaikymo dėsnį, kuriuo einant. energijos kiekis visatoje esąs pastovus ir šilima, kaipo viena energijos formų, gaunama iš kitų jos formų. Garsūs šilimos ir darbo tarpusavių ryšių tyrinėtojai vokiečių gytojas Julius Robertas Mayer'is (1814—1878) ir bravoro savininkas anglas James Prescott Joule (1818—1889) skaičiavimo ir eksperimento keliu 1842 m. nustatė, kad tarp šilimos ir darbo yra tikslus ryšys, ir kitais 1843 m. surado tam ryšiui santykį, arba mechaninį šilimos ekvivalentą: 1 didžiulė šilimos kalorija lygi 427 kilogramometrams darbo. Vadinasi, turėdami šilimą, galėtume gaut tam tikro dydžio darbą ir iš darbo gali būt gauta šilima, arba *causa aequat effectum*, kaip tuomet buvo sakoma.

Praktiškai ir į tinkamas vėžes šį šilimos keitimą į darbą įstatė tačiau visai kiti žmonės; vieni jų dirbo garo katilų srity, kad sudegintų juose kurą, it kokį maistą, ir gautų šilimą dujų pavidalu ir tuojaus ją perkeltų į vandens garus, kaipo patogesnę darbui gaut formą; trumpai tariant, jie siekė kuo daugiausia gaut garų, suvartojant kuo mažiausiai kuro. Kiti dirbo garo mašinų, turbinų ir kitokių šiluminių variklių srityje, stengdamies iš ton fazėn patekusios šilimos bei garo kuo daugiausiai išgaut naudingo darbo. Čia taip pat parodė daug sumanumo bei energijos mokslininkai.

Denis Papin'as (1647—1712) išrado primitivų garo katilą, aukštesniam kaip atmosferos slėgimo garui gauti, šildant katilą ant ugnies ir perkeliant kuro šilimos dalį į katilo vandenį bei garus. Garų slėgimas galėjo būti reguliuojamas Papin'o išrastu apsaugos vožtuvu, iki šiol dar praktikoje tebevartojamu. Papinas išrado taip pat ir primitivią atmosferinę garo mašiną, nors gyvenimam ją įvedė 1699 metais Savery's ir patobulino

1705 m. Newcomen'as. Į stačią cilinderį iš apačios įleistasai garas iškeldavo šioje mašinoje stūmiklį su kotu aukštyn, įšvirkštasai garo patalpon į cilinderį šaltas vanduo paversdavo garus į vandenį ir padarydavo po stūmikliu tuštumą; atmosferinis oras, slėgdamas cilinderio stumiklį iš viršaus, traukdavo žemyn kotą ir su juo surištą siurblio svirties galą, kuomet kitas galas traukdavo iš anglies kasyklų, šachtų bei šulinių vandenį mums iš paprastų pompų žinomu būdu. To meto garo katilai buvo lieti arba kalti iš silpno atsparumo medžiagos ir turėjo arba rutulio pavidalą, pritaikintą Vorčesteı'io, arba skrynių pavidalą, pritaikintą katilams Watt'o (1736—1819); jie negalėjo gamint aukšto slėgimo garų, buvo netobuli ir dargi pavojingi darbe. Anglas Henry Cort'as 1784 m. išrado pudlingo būdu geležį ir plieną iš žaliojo špižiaus gaminti: Henry Bessemer'is 1855 m. ir Simens'as Martin'as 1858 m. išrado dar tobulesnius būdus tiems aukštos kvalifikacijos metalams gauti ir vienkart technika išmoko tą geležį ir plieną valcuot įvairiais profiliais, vamzdžiais ir dideliais lapais; tuomet tat katilams atsidengė nauja dirva tobulint savo konstrukcijas, kelt garo slėgimą ir plėtot tinkamas mašinas garui į darbą perdirbinėti. Pramonės praktikoje pradėjo rastis įvairios viena už kitą tobulesnės katilų sistemos, pritaikintos prie vietinių darbo ir kuro sąlygų. Pirmą cilindrinį katilą pastatė Arthuras Wolf'as 1804 metais; toliau ėjo cilindriniai sudėtingi, baterejiniai, angliški (Kornvalijos ir Lankaširo) kaitrinių vamzdžių, dūmavamzdžių lokomobiliniai, garvežių ir statūs garo katilai; dar vėliau atsirado vandeninių pasvirusių ir stačių vamzdžių, kameriniai, kombinuoti, aukšto galingumo ir didelių slėgimų katilai.

Įvairios garo katilų sistemos siekia įvairias šią sritį beplėtojant pareiškusias kliūtis nugalėti ir ypačiai stengiasi padidinti katilų naudingumo koeficientą; vadinasi, kad didesnis sudeginto kuro šilimos nuošimtis būtų perkeltas į katilo vandenį bei garus ir šituo patogesniu šilimos pavidalu garo mašinoje bei turbinoje būtų gaunamas darbas; be to, katilų sistemos stengėsi dar kelt garo slėgimą ir temperaturą, nes tokiu garu dirbant, gaunama mažiau nuostolių, daugiau darbo ir pigiau kainoja darbo vienetas. Taip pat didinamos ir pačių katilų išmieros, atsižvelgiant į atliekamo darbo dydį. Šitoje srityje per paskutinius trisdešimts metų pasiekta šių rezultatų, kurie paskelbti vokiečių inžinierių sąjungos žurnale Z. V. D. J. 74, 738 (1930):

	1905 m.	1925 m.	1930 m.
Vidutinis kaitinamasai paviršius kv. mtr.	232	1114	1610
Didžiausio katilo kaitin. paviršius kv. mtr.	560	2840	4860
Garų darbo slegimas atmosferomis	15,75	24,5-84	24,5-100
Aukščiausia garo temperatura ^{0}C.	330	380-400	450
Katilo paviršiaus aukščiausias apkrovimas kilogramais garo nuo 1 kv. mt. per valandą	24,4	39-75,5	240
Aukščiausias katilo duodamas garo kiekis tononis per valandą	13,6	136	226
Didžiausias katilo aukštis metrais	5,8	16,76	21,34

Pastaruoju metu pavienių garo katilų įrengimai pasiekė dar didesnių rezultatų. Sukamų vandeninių vamzdžių (rotorių) Atmos katilas Sudenburgo mašinų fabriko Magdeburge, Švedijoje. inžinieriaus Blomquist'o sugalvotas, gamina per valandą 18000 kg. garo 100 atmosferų slėgimo 420°C temperaturos, turėdamas vos 52 kv. metrų kaitinamąjį paviršių ir duodamas po 346 kg. garo nuo 1 kv. mt. per valandą. Anglas Benson'as, Rugdby'o mieste įrengė katilą, gaminantį garą 225 atmosferų slėgimo ir 390°C temperaturos; vadinasi, didesnį kaip kritiškas taškas (224,2 atm.) ir kaip kritiška temperatura (374°C), kuomet lyginamieji tūriai garo ir vandens tampa vienodi, o paslėptoji garavimo šilima virsta nulium ir visas vanduo katile iš karto pavirsta garais. Atmos'o, Benson'o, Rut'o ir kitų bandymai su aukšto slėgimo garu smulkiau aprašyti F. Münzinger'io veikale „Höchstdruckdampf" (1926). Kokių išmierų siekia moderniniai garo katilai, matyt, kad ir iš šio pavyzdžio, aprašyto žurnale „Die Wärme" 1930 m. 8-me Nr.

Kad išplėtotų papildomus 100.000 KW per valandą, Edisono Elektros B-vė New-Yorke 1929 m. Spalių m. 15 dieną pastatė tris katilus, gaminančius kiekvienas per valandą po 365000 kg. garo 30 atmosferų slėgimo ir suvartojančius per valandą po 36 tonas maltų atkmens anglių, arba po 900 tonų (60 vagonų) per dieną. Visi trys katilai per dieną suvartoja 180 vagonų tokių anglių. Kiekvienas katilas, turėdamas 8-ių aukštų namo patalpą, susideda iš 10 bubinų, 3786 vamzdžių 110 kilometrų sumarinio ilgio, turi po 5700 kv. mt. kaitinamojo paviršiaus (54 kg. garo nuo 1 kv. mt.), po 1300 kv. mt. garo perkaitintojų iki 385°C temperaturos, 680 kv. mt. vandens pašildytojų iki 180°C. 7700 kv mt. oro perkaitintojų iki 220°. Visi trys katilai kainavo, be žemės vertės, 12 su puse milijonų dolerių ir pakėlė bendrą New-Yorko elektros produkciją iki 1.650.000 KW.

Naudingumo koeficientai garo katiluose, pavartojus visokius patobulinimus, siekia jau net 86%, vadinasi, tiek nuošimčių šilimos iš nepatogios darbui gaut kieto kuro formos pereina į patogų vandens garų pavidalą, kad toliau tų garų slėgimo bei greičio keliu atatinkamame variklyje gautų praktikos tikslams darbą.

Čia ir prasideda išradėjų tikras genialumas, kaip galima daugiau surinktos katilo garuose šilimos paversti į darbą. Šiam tiklui atsiekti einama dviem keliais; vienas jų panaudoja garo slėgimą, įleidžiant į mašinos cilinderį tai iš vienos, tai iš kitos stumiklio pusės pakaitomis to garo porcijas ir verčiant jįjį plėstis, didinti savo tūrį, varinėti pirmyn ir atgal stūmiklį su kotu ir tam tikrų mechanizmų (švaistykilų, alkūnių) pagelba keist paslankų judėsį sukamu judesiu velenų, kurie toliau savo skriemuliais, diržais ir ratais atlieka įvairių žmogui naudingų darbų, varant traukinius, laivus, kilnojant svorius, malant grūdus, apdirbant įvairią medžiagą. Kitas kelias garo šilimai paverst į darbą, yra garo turbinos, kuriose garo slėgimo potencialinė energija tam tikromis tūtomis ir takais paverčiama į greičio kinetinę energiją ir ši savo keliu paverčiama į darbą, nukreipiant greitas garo sroves tarp įvairių bubino lopetėlių, kur jos, lankstydamosi ir atiduoda toms lopetėlėms bei jų bubino velenui savo gyvąją jėgą; velenas toliaus ją transformuoja naudingu darbu, panašiai, kaip ir garo mašinose.

Garo mašinų srityje daugelio praktikų pasidarbuota siekiant ekonomingiausiai išnaudot garo katilų pagamintasai garas, kaip kad buvo pasi-

darbuota ir tų, kurie tobulindami katilus stengėsi daugiau šilimos paimt iš kuro ir perkelt į garus. Garo mašinų išplėtojimas siekiant minėto tikslo, ėjo taip pat nelengvu keliu. *Nil sine magno labore vita dat mortalibus*. Kaip jau buvo minėta, 1700 m. Savery ir 1705 m. Newcomen'as labai primitiviai panaudojo garo šilimą savo atmosferinėje mašinoje darbui gauti; ši mašina buvo labai neekonominga, ir vienai arklio jėgai darbo per valandą gauti, suvartodavo 14 kg akmens anglių (1 arklio jėga = 75 kilogramometrai per sekundę).

Didelės pažangos betobulinant pasiekė anglų mechanikas James Watt'as (1736—1819), įvesdamas mašinose automatinius garo skirstiklius vietoje iki tol netobulai rankomis aptarnaujamų čiaupinių, pritaisydamas atadirbtam garui tirštintoją bei kondensatorių, palengvindamas garui darbą ir sumažindamas jam kliūtis: 1768 m. jis įvedė mašinon 1,3 atmosferų slėgimo garo darbą abiem stūmiklio pusėm. Vienai arklio jėgai per valandą jam teko suvartot vos 4 kg. akmens anglių.

Amerikietis mechanikas Oliver'as Evans'as (1755—1814) pavartojo mašinose 3—4 atmosferų slėgimo garą ir 1801 m. susilaukė, kad 1 arklio jėgai per valandą užteko jau 3 kg. akmens anglių. Arturas Wolf'as 1804 m. pastatė ir užpatentavo Anglijoje dviejų cilinderių su kondensacija garo mašiną, kurioje vartojo aukšto slėgimo garą, gautą jo paties išrastuose vandeninių vamzdžių katiluose. Čia vienai arklio jėgai per valandą buvo suvartota jau tik 2 kg. anglių.

John'as Edler'is ir Gergard'as Runtgen'as įvedė praktikon dvikartinio plėtimosi garo mašinas (Z. V. D. I. 1892. Nr. 33 ir 34), pasiekusias dar geresnių rezultatų, būtent, 1 kg. akmens anglių 1 arklio jėgai per valandą.

Anglų genialus darbininkas Jurgis Stefenson'as (1781—1848) išrado garvežimį, kuriame pritaikė garo mašinos darbą anglims vežioti iš kasimo vietos į vartojimo vietą; jo sūnus inžinierius Robertas Stefenson'as (1803—1853) ištobulino garvežimį, duodamas jam maža kuo besiskiriančią nuo dabartinės išvaizdą.

Amerikonas mechanikas Robertas Fulton'as (1765—1815) pritaikino garo mašiną laivams vežioti ir traukti prieš vandenį; 1807 m. buvo pastatytas pirmas garlaivis. Pagaliau, įvedant trikartinio plėtimosi garo mašinas ir aukštai perkaitintąjį garą, pasiekta daug geresnių ekonomijos rezultatų; vienai arklio jėgai per valandą akmens anglių tebereikėjo 0,8 iki 0,6 kg., laikant jų kaitringumą 7500 kalorijų iš 1 kg. ir 75% katilo naudingumo koeficientą. Prisiminus, kad moderninių katilų naudingumo koeficientas siekia net 86%, tenka konstatuot, kad 1-ai arklio jėgai per valandą vartojamo anglies kiekis sumažėja iki 0,52 kg.

Nors garo katilų ir garo mašinų instalacijos, kaip matyt, pasiekė ir labai aukšto tobulumo laipsnio, tačiau ir geriausiuose garo mašinų įrengimuose iš kure esamos šilimos naudingu darbu galima paverst vos 15—16%, kaip rodo patyrimas. Šis nuošimtis yra labai žemas ir verčia ieškoti priemonių jam pakelti, studijuojant to reiškinio priežastis. Viena menko mašinų naudingumo priežasčių yra ta, kad garo mašinos turi daug smarkiai apkrautų ir besitrinančių dalių ir daug kilnojamų detalių, kurios suėda nenaudingai daug darbo; tai labai žymu darosi didesnių išmierų mašinose.

Dideli kiekiai aukštoms temperaturoms pritaikinto tepalo mašinų trintims nugalėti nedaug ką pagerino mašinų būklę.

Kita priežastis mažo mašinų ekonomingumo yra ne visai patogios temperaturinės sąlygos šilimai į darbą transformuotis; daug tos šilimos prarandama mašinos cilinderių viduriuose spinduliavimo, laidumo ir kondensacijos keliu garui dirbant; daug paslėptosios garavimo šilimos (apie 540 kalorijų) išsineša iš mašinos kiekvienas kilogramas garo nepavertęs jos į darbą, kuomet darbu virsta nežymi tos šilimos dalis; apsisukimų skaičius garo mašinose gaunamas, palyginamai, taip pat nedidelis. Stūmiklinės garo mašinos kraštutinis didžiausias galingumas neperžengia 6000 arklio jėgų ir tai tik specialiai pritaikant, kaip valciauniose, kur išplėtojama iki 22000 arklio jėgų darbas; šiaip jau garo mašinų pakenčiamu ir ekonomingu dar laikomas galingumas iki 1500 arklio jėgų.

Šitie visi garo mašinų sunkumai ir negalavimai, o ypač negalėjimas jomis pasiekt ekonomingai kiek aukštesnio galingumo pastatų, nukreipė technikų mintį visai kiton pusėn. Pradėta ieškot patobulinimų garo varikliams panaudojant ne garo slėgimas. bet jo greitis, vadinasi, išnaudojant ne garo potencialinę, bet kinetinę energiją, gaunant pastarąją iš pirmosios kuriuo nors būdu. Šitas kelias pasirodė taip pat pilnas erškėčių ir kliūčių, tačiau de L a v a l'io ir P a r s o n s'o trūsu ir gabumais tos kliūtys buvo nugalėtos, davė gerų rezultatų ir ekonomijos atžvilgiu ir vis tebežada dar naujų perspektivų.

Pakeitus garo slėgimą greičiu (kaip tai darosi, bus pasakyta vėliau) ir verčiant greitį virst mechaniniu darbu. tam atsiekti randasi du galimumu, būtent, aktivus ir reaktivus būdas. Aktivumo ir reaktivumo sąvokoms arčiau apibrėžti ir išaiškinti, kurios jėgos ir kaip veikia, abiem atvejais, įsivaizdinkime sau tokį pavyzdį:

Gaisrininkas laiko rankose lankstaus drobinio vamzdžio metalinį galą brandspoitą ir išsiveržiančiu iš jo žiočių su dideliu greičiu siurblio varomu vandeniu gesina gaisrą bei šiaip jau švirkščia vandeniu į sieną. Vandens srovė, pasiekusi sieną ar kurį kitą daiktą, daro į juos tam tikrą slėgimą. Šis slėgimas yra vandens aktivumo pasėka, kitaip tariant, tas slėgimas kyla žuvus bei sumažėjus srovės greičiui sienos palietimo momentu; vietoje srovės greičio, ar viso, ar tik jo dalies, atsiranda atatinkamas slėgimas į pataikytą daiktą bei sieną. Tai bus aktivios srovės veikimas.

Lygiai tokio pat. slėgimo bus paveiktas ir gaisrininkas, kuris laiko rankose svirkšlės mundštuką bei brandspoitą. Tik jau čia slėgimas veikia reaktiviu būdu. atvirkščia kryptimi. arba atgal; tai sukelia išsiveržiančio per vamzdžio žiotį vandens masė dėliai jos didelio greičio.

Aktiviose turbinose, kaip pamatysime vėliau, darbo rato lopetėlės esti vandens paliestos sienos būklėj, o reaktiviose turbinose, kur darbo rate skerspiūviui tarp lopetėlių einant didyn (tas pats vyksta ir krypsnio rate) ir slėgimui virstant greičiu, tos darbo lopetėlės esti aktiviai paveiktos sienos būklėj ir drauge reaktiviai paliesto brandspoito laikytojo būklėj.

Jau 1629 m. Italijos architektas G i o v a n n i B r a n c a pastatė mažą ant statmeno veleno atvirą turbinėlę, į kurios lopetėlės buvo nukreipiamos iš nedidelio katilo per tam tikrą vamzdelį su dideliu greičiau besiveržiantis garas, kuris ir suko turbinėlės ratelį bei jos veleną; tai ir buvo pro-

totipas aktivios garo turbinos, išnaudojančios garo energiją kinetiniu pavidalu ir transformuojančios ją į mechaninį darbą.

Kitas būdas tarnsformuot potencialinę garo energiją į kinetinę ir vėliau į mechaninį darbą buvo žinomas dar žiloje senovėje; net 120 m. prieš Kristų jis aprašytas Hierono iš Aleksandrijos. Čia garai buvo gaminami tuščiaviduriame rutuly, šonais pakabintame už virvių. Rutulys šonuose turėjo keletą vamzdžių bei tūtelių, stačiu kampu užlenktų į vieną katrą pusę Garai, besiverždami iš tų tutelių į atmosferą, dideliu greičiu sukdavę rutulį aplink jo vertikalinę ašį į priešingąją pusę, kaip tutelių užlenkimai. Šis prietaisas reikia laikyt reaktivios garo turbinos prototipu.

Abu šiuodu būdu tačiau ilgai neprigijo praktikoje ir net iki XIX-jo šimtmečio antros pusės, nerado naudingo pritaikinimo dėl šių priežasčių. Tam tikro slėgimo garas, išsiverždamas iš katilo per cilindrinę tūtelę, į bet kurią nors kitą patalpą su žemesniu, kaip katile slėgimu, keičia savo slėgimą greičiu; kuo didesnis bus gautas greitis, tuo didesnė bus gyvoji jėga ir jis sugebės atlikti didesnį darbą. Svarbu tat redukuot išleidžiamo garo visas slėgimas nuo to, kurį jis turėjo katile, iki tam, kurį turi priimanti garą patalpa, vis tiek, ar tas slėgimo redukavimas bus atliktas iš karto, ar per keletą kartų.

Švedų inžinierius de Laval'is pastebėjo, kad išeinantis iš katilo per cilindrinę tutelę garas, negali redukuot viso savo slėgimo į greitį; vos 42% slėgimo virsta greičiu (kritiškas greitis) ir garas tutos žiotyse dar tebeturi 58% savo pirminio slėgimo (kritiškas slėgimas). Jei turbinos lopetelės turės atmosferinio slėgimo ir į jas nukreipsime tokį ne visai dar redukavusį savo slėgimą, kad ir greičiausį garą, tai slėgimo likučiai (visi 58%) vers garą dar plėstis ore kamuoliais, nebus gauta reikalingos krypties srovės papildymo ir slėgimo dalis bus prarasta. Tokiose apystovose garo turbinos tegali išnaudot vos 42% garo plėtimosi, kuomet garo mašinose tas plėtimasis gali būt išnaudotas be kliūčių visiškai net beveik iki atmosferinio. Ši apystova nedavė galimumo turbinoms ilgai atsistot tinkamoj vietoj gyvenime.

Švedų genialus inžinierius de Laval'is po ilgų ir kruopščių bandymų pagaliau pašalino tas turbinos kliūtis; jis išrado jo vardu pavadintą tutą su kūgiškai didėjančiu skespjūviu, pagal garo tūrį, taip, kad tutos žiotyse išsiveržiąs iš katilo garas redukuoja visą savo slėgimą iki slėgimo patalpos, į kurią yra leidžiamas, ir pasiekia tokiu būdu galimai didžiausio greičio, daugiau kaip 1000 metrų per sekundę, keisdamas visą savo slėgimo potencialinę energiją į kinetinę. De Laval'io 1888 m. išrastoje vieno rato turbinoje visa kinetinė garo energija buvo nukreipta į rato lopetėles, ji išplėtojo net 30.000 apsisukimų per minutę, veikdama aktiviai; apsisukimai krumpliaračių pagelba buvo redukuoti iki priimtinų praktikai 3000 per minutę. De Laval'io ankstyba mirtis 1913 m. nedavė šiam genialiam išradėjui baigt savo pradėto darbo iki reikiamo galo ir todėl jis nepasiekė tokių rezultatų, kaip Parsons'as.

De Laval'io turbinose su 30.000 apsisukimų per minutę buvo gautas labai didelis greitis lopetėlėse, beveik toks pats, kaip ir garo. Darbo rate greičiams sumažinti Curtis įvedė keletą darbo ratų, kuriuose garo greitis ir jo gyvoji jėga palaipsniui buvo realizuojami; gauta tokiu bū-

du greičių laipsniavimas. Kad išvengtų labai didelių garo greičių, R a t e a u ir Z ö l l y garo slėgimą vertė greičiais per keletą kartų bei laipsnių ir gautus greičius realizuodavo keleriuose darbo ratuose; tokiu būdu buvo gautas slėgimų laipsniavimas; taigi, jau po d e L a v a l'io mirties jo aktivioji turbina buvo ištobulinta ir paversta daugialaipsne su slėgimų bei greičių, arba net su abiemis rūšimis, laipsniavimų vienu kartu.

Visai kitu keliu ir savarankiškai plėtojo savo reaktiviąją turbiną anglas Parsons'as; jo turbinose garas keičia savo slėgimą greičiu per visą savo kelionę išilgai turbinos tiek stovinčių krypsnio ratų, tiek judančių darbo ratų lopetėlėse, augant visų lopetėlių protarpiams vis didyn ir didyn. Reaktivios turbinos statomos tik daugialaipsnės ir tik su slėgimų nuolatiniu laipsniavimu; pirmą tokią turbiną P a r s o n s'as pastatė 1884 metais. Iki aukščiausių galingumų ir didžiausio ekonomingumo Parsons'o turbinas privedė Badeno mašinų fabrikas B r o w n B o v e r i ir Co.

Palyginus garo turbinas su garo mašinomis, turbinos turi šiokių pirmenybių. Turbinų galingumai neturi jokių ribų, kaip kad jas turi garo mašinos (6000 P.S.), kaip buvo jau minėta. 30.000 iki 50.000 arklio jėgų galingumai turbinose dabar jau neberetenybė. Didžiausia iki 1928 m. pastatyta pasaulyje garo turbina yra New-Yorke, Hellgate, centrinėje turi du cilinderiu ir išplėtoja 225.000 PS galingumą: ji pastatyta taip pat Brown Boveri fabriko. Garo išnaudojimas garo turbinose yra geresnis ir ekonomingesnis, kaip garo mašinose, kadangi geriau išnaudojamos garo žemesnės slėgimo svirtys ir geriau išnaudojamas kondensatoriaus vakuumas; be to, turbinose gerai išnaudojami aukšti garo perkaitinimai, ir gaunasi laisvas nuo riebalų kondensatas, kas labai svarbu katilui maitint. Kuomet garo mašinos vartodamos 13 absoliučių atmosferų slėgimo garą perkaitintą iki 300°C su kondensacija sunaudoja vienai efektiviai arklio jėgai per valandą garų :

didesnio galingumo mašinose po 4,8 kg.
vidutinio „ „ „ 5,3—6,3 kg.
mažo „ „ „ 10—15 kg. (be kondensacijos),
mažo galingumo su 10 atm. prisot. garu po 20—80 kg., tai garo turbinose gaunamas kitoniškas vaizdas; vienai arklio efektiviai jėgai per valandą suvartojama garų:

prie 680 HP, 15 ab. atm., 350°C ir 90% vakuumo po 4,8 kg.
prie 1300 HP, 15 ab. atm., 350°C ir 95% vakuumo po 3,82 kg.
prie 13000 HP, 20 ab. atm., 375°C ir 95% vakuumo po 3,6 kg.
prie 20000 HP, 33 ab. atm., 425°C ir 95% vakuumo po 3,26 kg.
prie 40000 HP,100 ab. atm., 425°C ir 96% vakuumo po 2,75 kg.

(Smulkiau apie tai žiūr. E. H ö h n'o veikale „Der Dampfbetrieb", 1929 m.). Iš šitos tabelės matyt, kad pradedant nuo 500—600 arklio jėgų didesni galingumai garo mašinose darosi nuostolingi, o turbinose ekonomingi, nes čia mažiau naudojama garo ir arklio jėga apsieina pigiau.

Visos šiluminės instalacijos terminis naudingumo koeficientas dirbant garo mašinomis yra labai žemas ir siekia vos 15—16%, vadinasi, tik toks % nuo visos suvartotos šilimos virsta naudingu darbu. Šiluminės instalacijos, dirbančios garo turbinomis, turi terminį naudingumo koeficientą žymiai didesnį ir jis kartais siekia net 29%. Taip, antai, prof. D r. A.

S t o d o l a, savo pranešime Antrajai pasaulinei energijos konferencijai, pereitais metais Berline, mini keletą moderninių šiluminių stočių su aukštu terminiu naudingumo koeficientu. Langerbruggė's (Belgijoje) elektros stotis turi Brown-Boveri fabriko pastatytąją reaktivią turbiną 25.000 KW. galingumo, vartojančią 50 abs. atm. slėgimo garą su 3000 apsisukimų per minutę, su 1 aktiviu ir 27 reaktiviais laipsniais; ši turbina su vartoja 3,74 kg. garo vienam KW. per valandą, arba 2,25 kg. garo vienai arklio jėgai per valandą; termodinaminis naudingumo koeficientas siekia 35,6% su katilo naudingumo koeficientu 84%. Bendras terminis naudingumo koeficientas visos instalacijos buvo 27,5%.

S i e m e n s S c h u c k e r t'o fabrike 1927 m. gale yra pastatyta firmos Escher Wyss dvicilindrinė reaktivi turbina, vartojanti 180 ab. atmosferų slėgimo garą ir išplėtojanti 2500 KW galingumą; vėliau garo slėgimas buvo pakeltas iki 200 atm Milžiniška stotis Manheime turi taip pat Brown-Boveri firmos Parsons'o reaktivią turbiną, suvartojančią 70000 iki 85000 kg. per valandą garo 95 abs. atmosferų 430°C temperaturoje ir išplėtojančią 5100 iki 6700 kw galingumą; ši turbina turi vieną dviejų vainikų aktivų ratą 860 mm skersmeniu ir reaktivų bubiną su 30 slėgimų laipsniais. Katilų maitinamasai vanduo pašildomas iki 175°C.

Firma Escher Wyss ir Co pastatė Ciuriche Parsons'o reaktivią turbiną 13600 KW. galingumo, vartojančią 100 abs. atm. slėgimo garą 420°C su 3000 apsisukimų per minutę. Išleidžiamasis ir turbinos garas turi 20 atm. slėgimą. Sujungus šią turbiną su kita dvicilindrine, turinčia kondensatorių, ir pavartojus tarpinį garo perkaitinimą iki 350°C, bendras galingumas šios trilypės turbinos siekia 45000—50000 KW. Per kiekvieną KW valandą suvartojamos 2245 kalorijos, ir visos šitos instalacijos terminis naudingumo koeficientas siekia 29,6%.

Pas mūs Petrašiūnų elektros stoty pastatyta trys Babcock-Wilcox'o vandeninių vamzdžių daugiakameriniai katilai po 250 kv. metrų kaitinamojo paviršiaus, kiekvienas 30 abs. atm. garui su 400°C gaminti; maitinamasai vanduo ekonomaizeriuose pašildomas iki 170°C, nuimama garo iki 30 kg. nuo 1 kv. m. kaitinamojo paviršiaus; visos katilo instalacijos naudingumo koeficientas siekia 85%. Dvi turbinos, Brown-Boveri fabriko statytos, išplėtoja iki 3200 KW. galingumą, kiekviena, sunaudodama po 4,5 kg. garo vienam kilovatui per valandą. (Smulkiau apie tuos katilus ir turbinas ir apie jų mano atliktus bandymus su bandymo rezultatais, žiūrėk mano straipsnį „Technikos" 6-me Nr.).

Jei garo mašinos tegalėjo 16% kure pasislėptosios šilimos, jį katilų pakuruose sudeginus, paverst naudingu darbu, o garo turbinos šį nuošimtį pakėlė net iki 29,6%, tai čia turbinų genialių išradėjų de L a v a l'io ir P a r s o n s'o nuopelnai.

De Laval'is, kad ir buvo už Parsons'ą gal genialesnis, bet, anksti miręs, nesuspėjo susilaukt savo išradimo milžiniškų efektų, kaip to susilaukė nesenai miręs Parsons'as. Jis savo akimis pamatė, kaip turbinos tiesiog užkariavo visą pasaulį. Čia pravartu kiek sustot ties to mokslo ir praktikos vyro biografija.

C h a r l e s A l g e r n o n P a r s o n s buvo ketvirtasis sūnus įžymaus Irijos astronomo. Dar 13 metų vaiku būdamas jis su savo broliais

pasidirbdino garinį vežimą, kuriuo važinėdamas darė pavojaus visai savo tėvo rūmų apylinkei. Tėvo namuose geriausių mokytojų vadovaujamas, Parsons'as gavo gerus mokslo pagrindus ir 22 metų amžiaus teturėdamas, jis jau baigė inžinieriaus aukštąjį mokslą Cambridge. Rimta praktika gerame Amstrongo mašinų fabrike Elvik'e užbaigė Parsons'o priruošimą gyvenimo technikos praktikai.

Jau aukštoje mokykloje Parsons'as sukonstruavo savą garo mašiną su sukamais cilinderiais ir tuo įrodė didelius technikoje gabumus, kurie jį pastūmėjo prie tolimesnių išradimų. Kuomet jis pradėjo užsiiminėti garo turbinomis, tai jų principas jau buvo nebenaujas, daugelio užpatentuotas; bet praktikoje šis reikalas stovėjo mirties taške. Parsons'as persiėmė mintimi, kad garo turbinai reikia duot panašumą į vandens turbiną, vadinasi, reikia pastatyt garo variklis su daugeliu pavienių turbinų, arba, išsireiškiant šių dienų kalba, reikia padaryt turbiną daugialaipsnę. Pirmoji jo turbina 1884 m. statyta išplėtojo 4 kw su 18.000 apsisukimų per minutę ir buvo dvilaipsnė priešpriešinio laipsnių veikimo, kad panaikintų veleno išilgai ašies slinkimą; drauge jis sukonstruavo savo turbinos apsisukimams pritaikintą generatorių.

Visos turbinų sistemos, neišskiriant radialinių, buvo Parsons'o pagrindinai išbandytos ir pastūmėjo jį prie išvados, kad praktikai geriausiai tinka tik reaktivi ašinė turbina. Didelė variklių paklausa tuo metu labai pastūmėjo jo turbinų reikalą priekin ir 1900 metais jis jau pastatė keletą turbinų 1000 kw. galingumo. Dar 1896 m. Parsons'as pradėjo taikint savo turbinas laivams varyti ir tam tikslui pasistatydino laivą, kurį pavadino „Turbinija". Dėl labai didelio apsisukimų skaičiaus propeleris (Archimedo sraigtas) buvo atsisakęs net traukt, kol galų gale šis klausimas buvo tinkamai ištirtas ir nugalėtas laivui pasiekus net 34 mazgus greičio (1 mazgas = 1,852 kilometrai per valandą). Anglijos karo laivynas, o po jo ir prekybinis įsitaisė pas ave Parsons'o turbinas.

Dar prieš Didįjį Karą rusų mininінkas „Novik" dviem turbinom išplėtojo jūrose 37,3 mazgų greitį pasiekdamas 40200 HP galingumo abiem turbinom (Schiffbau 1914 m. Nr. 16); šito tipo 6 mininінkus 1500 tonų vandens talpos man teko pačiam statyti ir atlikinėt bandymus Rusų-Baltijos laivų statybos fabrike Taline (Revely) 1916 ir 1917 metais; kiekvienas laivas turėjo po 4 Jarrou sistemos katilus 1000 kv. metrų paviršiaus kiekvienas ir po dvi Curtis'o sistemos turbinas 15000 arklio jėgų galingumo kiekviena. Vartodami per valandą 19350 kg. naftos ir 238000 kg. garų 17 atm. slėgimo išplėtojome vos 34,5 mazgų greitį. Pastaruoju metu prancūzų laivas naikintojas „Albatros", prašokęs visus ligšiolinius greitumo rekordus, pasiekdamas 42,8 mazgų per valandą („Lietuvos Aidas" 1931 m. Nr. 92).

Anglo Parsons'o ir švedo de Laval'io nemirtingus žmonijai nuopelnus garo ūkio srityje aukštai įvertino jų tėvynės ir visas pasaulis. Vokiečių Inžinierių Sąjunga 1903 m. abiem inžinieriams dar esant gyviem, pagerbė juodu įteikdama kiekvienam aukščiausią dovaną — Grashofo medalį (Die Wärme 1931 Nr. 14.).

Abu išradėju dabar jau mirę, bet jų gyvenimo ir darbo pėdsakai technikos istorijos lapuose liks įamžinti ir iki pasaulis savo pažangoje

remsis technika, de Laval'io ir Parsons'o vardai skambės kaip didžiausių inžinierių vardai.

Šį mano straipsnį laikyčiau nebaigtą bent trumpai nepaminėjęs vidaus degimo variklių dujingam ir skystam kurui; šių variklių svarbiausias nuopelnas yra tas, kad jie betarpiškai įvesdami kurą į mašinos darbo cilinderį, dirba visu kure paslėptu šilimos kiekiu, nieko nenustodami tos šilimos katile, kurio visai neturi, ir tokiu būdu įgalindami didesnį šilimos nuošimtį paverst į darbą. Dviejų taktų varikliai švedų „Equal", rusų „Rus", vokiečių ir anglų „Bolinder" suvartoja vos 0,26 kg. naftos vienai arklio jėgai per valandą. Keturių taktų dizeliai vartoja naftos dar mažiau, nes tik 0,19—0,26 kg. arklio jėgai per valandą. Šitais varikliais pasiekiami žymiai aukštesni terminiai naudingumo koeficientai, būtent, iki 35%. Keturių taktų ne dizelių tipo varikliai buvo išrasti 1860 metais prancūzo Lenoir'o ir įvesti gyveniman su patobulinimais Eugen'o ir Otto Langen'ų iš Deutzo 1867 m. Moderninės išvaizdos, tinkamos automobiliams ir aeroplanams, tiems varikliams suteikė G. Daimler'is 1885 m. ir C. Benz'as 1886 m., pritaikinę juos žibalo ir benzino kurui. Didesnio galingumo, kurui automatiškai užsidegant nuo įkaitinto oro, variklius išrado 1892 m. Müncheno inžinierius Rudolfas Diesel'is; jie turi labai didelį pasisekimą praktikoje ir konkuruoja su garo varikliais.

Doc. inž. T. Šulcas.

Chandrasekhara Venkata Raman,

1930 metų fizikos laureatas.

Bekovojanti už savo politinį ir kulturinį išsilaivinimą šių dienų Indija kreipia savęsp viso pasaulio dėmesį ne tik savo vadais politikos srity (Gandhi ir k.), bet ir savo genialiais vyrais meno bei mokslo srityse, kuriuos atatinkamai pagerbia ir Vakarų Europos mokslo pasaulis. Praeitame „Kosmo" numery buvo referuojama apie nepaprastus indų mokslininko Bose'o aptikimus augmenijos gyvenime. Šį kartą turime dvigubos progos supažindint mūsų skaitytojus su tuo indų mokslininku, kuris yra pirmasis Rytų mokslininkų gavęs Nobelio premiją už savo mokslinius tyrinėjimus ir antrasis visų Azijos gyventojų, gavusių šią premiją iš visa. (Pirmasis Nobelio premija pažymėtas azietis yra Rabindranath'as Tagore, gavęs ją 1913 metais už savo literatūrinę kūrybą).

Ch. V. Ramanas yra palyginamai dar jaunas, nes tik 43-sius savo amžiaus metus einąs vyras! Jis gimė 1888 metų Lapkričio mėn. 7 d. Tritšinapalli'y. Jo tėvas buvo matematikos profesorius. Jau mokiniu būdamas Ramanukas parodė tokių mokslinių gabumų, kurie jo amžiaus vaikui buvo nepaprasti. Vėliau jis studijavo fiziką Madro (Madras) universitete ir ten gavo magistro titulą. Jis buvo pasiryžęs tolesnėms studijoms vykt Europon ir tam reikalui jam nebūtų buvę sunku gauti valstybinė stipendija. Tačiau gydytojai pareiškė jo sveikatą nesant pakankamai tvirtą, kad ji galėtų atsilaikyt šiurkščiam Anglijos klimatui. Ramanas todėl nuo savo sumanymo turėjo atsisakyti. Jam Europon nenuvykus, o vis dėlto moksle pasižymėjus, radosi vienas argumentas už tai, kad Rytų mokslininkams nėra būtino reikalo mokslintis Europoj.

Europon neišvykęs, Ramanas stojo valstybės tarnybon pirmiausia valdininku į Finansų Valdybą Kalkutoje, o vėliau į vyriausiąją Paštų Di rekciją Bengalijoj. Bet greta savo tarnybinio darbo, jis dirbdavo ir laboratorijoje. Pagaliau, jį pakvietė į Kalkutos universitetą fizikos profesorium. Tas universitetas 1921 m. suteikė jam garbės daktaro laipsnį, o 1924 m. Ramanas buvo išrinktas garbės nariu Londono Royal Society (Anglų Mokslo Akademija). Tai yra iš visa aukščiausias mokslininkų pagerbimas, kokis suteikiamas Britanijos valstybėj. 1929 m. Anglų Vyriausybė suteikė Ramanui „Sir'o" titulą, pakeldama jį į bajorų luomą. Netrukus po to, Ramaną pagerbė ir Italija, suteikdama jam „Premio Meteucci" medalį. Vokietijos Freiburgo universitetas jam suteikė garbės daktaro laipsnį.

Ramanas yra apkeliavęs daugel Europos šalių, skaitęs paskaitas apie savo aptikimus, už kuriuos buvo apverstas dar ir kitais įvairiais pagerbimais. Patį vyriausiąjį — Nobelio premiją — jis yra gavęs už vieno optikos reiškinio aptikimą, kurį jis padarė 1927 m. ir kuris dabar fizikoj vadinamas jo aptikėjo vardu — „Ramano efektas".

Ramano efektas — toks optikos reiškinys, kurį jau buvo išpranašavęs A. S m e k a l'is, remdamasis atomų ir kvantų teorijos. Reiškinys čia toks. Jei elektrinio lanko lempos šviesą leist per drumstą, bet vis dar bent kiek skaidrų, skysčių, tai šviesos užkliudytos skysčio dalelės taip pat leidžia iš savęs šviesą, sakoma ją „išsklaido", „išbarsto". Šį reiškinį pastebėjo T y n d a l l'is ir todėl jis vadinamas „Tyndall'io efektu". Kai kurių, kad ir labai skaidrių, skysčių, pav., gryno benzolo, kalbamasis efektas yra labai silpnas. „Ramano efektas" pradeda reikštis tuomet, kai v i e t o j lempos, duodančios tolydinį spektrą su visomis Laumės juostos spalvomis, šviesos versmei pavartojamas š v i e č i ą s g y v s i d a b r i o g a r a s, kurio spektras tetur n e d a u g š v i e č i a n č i ų b r ū k š n i ų. Jei tat tokiais gyvsidabrio garais atatinkamą skysčių peršviest ir iš skysčiaus einančią „išbarstytą šviesą" suskaidyti, tai jos spektre, be žinomųjų gyvsidabrio šviesos brūkšnių, dar pairodo esant n a u j ų b r ū k š n i ų. Tačiau jų šviesa tokia silpna, jog prireikia keleto valandų laiko, iki jie paveikia fotografinę plokštelę ir tuo būdu pasidaro įstebimi. Šių tat naujų brūkšnių pasirodymas ir pavadintas R a m a n o e f e k t u.

Žiūrinčiam iš šalies gali atrodyti, kad indai mokso darbais plačiame pasauly pasirodo lyg staiga, netikėtai. Betgi taip tik atrodo. Indijoj mokslo darbai intensingai dirbami jau bent nuo pusės šimto metų. Tačiau palyginus tą laiką su Europos mokslinio darbo laikotarpiu, yra tik trumpas momentas. O betgi per tą pusšimtį metų nė vienoj Europos šaly nenudirbta tiek daug ir tokio svarbaus mokslinio darbo kaip Indijoj. Tatai liudija, kad Indijos sūnų intelektas, nepaisant politinės priklausomybės, ir šiandien parodo tą aukštį ir pajėgą, kuriuo jie išgarsėjo senovėje kitų tautų tarpe, tiktai jis šiandien pasireiškia prisitaikydamas prie pakitėjusių laikų bei apystovų*.

Vivant sequentes! *Pr. Dovydaitis.*

---

* Biografinės žinios ir išvadų mintys čia paduotos pagal straipsnį, kurį apie Ramaną padėjo *Ramananda Chatterjee,* jo redaguojamame mėnrašty „The Modern Review", Kalkutta, 1930 m. Gruodžio mėn.

Atsiųsta paminėti.

Prof. Steponas Kolupaila, *Hidrometrinis metraštis II*. Nemuno matavimai Smalininkuose 1811—1930 metais (I. Vandens matavimo stoties observacijos 1811—1931. II. Vandens debito matavimai 1875—1930). Kaunas 1930, 376 pusl. did. 8°. Lietuvos Hidrometrinio Biuro leidinys. Šis puikus tomas, kurio viršelis papuoštas Vytauto Didžiojo paveikslu, ir visas yra pavestas „Did. Lietuvos Kunigaikščio Vytauto Didžiojo garbingam ir garsiam viešpatavimui ir mirties 500 metų (1430—1930) sukaktuvėms pagerbti". Tai yra Vytauto Didžiojo metų vertas kurinys.

Dr. J. Grinius, *O. V. Milašius—poetas*. Kaunas 1930 m. 196 pusl Vytauto Didžiojo Universiteto Teologijos-Filosofijos Fakulteto leidinys.

Vaclovas Biržiška, *Lietuvos knygos augimo etapai*. Kaunas 1930, 32 pusl. Atspausdinta iš „Mūsų Žinyno".

Dr. Kr. Ambrazaitis, Sub specie aeternitatis aut durationis. Dėliai prof. Karsavino veikalo „O ličnosti". Kaunas 1930, 40 pusl. Atspausdinta iš filosofijos laikraščio „Logos" 1930, 1 Nr.

Prof. M. Račkauskas, *Graikų kalbos gramatika*. I dalis. Fonetika ir morfologija. Mariampolė 1930, 163 pusl. Kaina 7 litai. Švietimo Ministerijos Knygų Leidimo Komisijos leidinys 160 Nr.

Prof. P. Avižonis: 1. *Apie trachomos išsiplatinimą Lietuvoje*, 14 pusl.; 2. *Tarptautinė organizacija kovai su trachoma*, 4 pusl.; 3. *Universiteto akių klinikos 1929 m. apyskaita*, 3 pusl. Atspausdinta iš „Medicinos" 1930 m. 8, 9 ir 11 N-rių.

Doc. Pr. Penkauskas, *Vytautas Didysis* ir jo Čekijos politika Venceliui mirus. K. 1930, 39 pusl. Atspausdinta iš „Židinio".

Vyt. Valiukevičius, *Skaitytinos knygos*. Geriausių knygų ir straipsnių katalogas vispusiško lavinimosi reikalui. K. 1930, 244 pusl. 16° K. 2,50 lt. Ateitininkų Federacijos Vyriausios Valdybos leidinys.

A. Vienuolio, *Raštai*. V knyga. K. 1930, 256 p., Lt. 4,50. Autoriaus leidinys.

Doc. J. Blažys, *Įspūdžiai iš I Tarptautinio proto higienos Kongreso Vašingtone* 1930 m. V. 5—10 d. 20 pusl. Atsp. iš „Medicinos" 1930 m. 10 ir 11 Nr.

Doc. J. Blažys, *Sveikatos patikrinimas prieš jungtuves*. Kaunas 1931 m., 80 pusl. 16°. „Darbo Sveikatos" leidinys 8 Nr.

ŠV. KAZIMIERO DRAUGIJOS LEIDINIAI:

Šventosios Kūdikėlio Jėzaus Teresės Sielos istorija, jos pačios parašyta. Su 10 paveikslų šalia teksto. Išvertė J. Talmantas. Kaunas, 1931, 296 pusl. Kaina 8 litai.

Apsiginimo ginklas kovoje su tikėjimo priešais. Inteligentams ir liaudžiai. Parašė kun. Petras Nilkes S. J. Iš vokiečių kalbos 20 leidimo vertė kun. K. Sirūnas. Kaunas 1931, 348 pusl. Kaina 8 lt.

Ligonių prietelis. Dvasiški skaitymai prie ligonių ir mirštančių ir kaip sudaryt gerą ir teisėtą testamentą. Parašė kun. D. Pocius. Antras pataisytas leidimas. Kaunas 1931, K. 2,50 lt.

Kun. V. Švenzas, *Patarimai susituokiantiems*. Vertė St. Yla. Kaunas 1931, 32 pusl. Kaina 40 centų.

Mūsų laikų stigmatizuotoji (Konersreito Teresė). Parašė vysk. Dr. Sigismund Waitz. Kaunas 1930, 50 pusl.

Kaunas, „Šviesos“ spaustuvė, Jakšto gatvė, Nr. 2 Tel. Nr. 20-95.